

**INFORME SEMESTRAL DE
VARIABLES OCEANOGRÁFICAS
1ER. SEMESTRE DEL 2026**

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología INSIVUMEH

Director General

Ing. Agr. Edwin Aroldo Rojas Domingo

Subdirector General

Ing. Agr. Mario Rene Mejía Clara

Jefe del Departamento de Investigación y Servicios Hídricos

Ing. Agr. Julio Jhonssen Taracena Hernández

Departamento de Investigación y Servicios Hídricos Sección de Oceanografía

Coordinadora de la Sección de Oceanografía

M.Sc. María Renee Contreras Mérida

Personal de la Sección

Ing. Victor José Gómez Ovalle

Tec. Luis Fernando Icu Son

Lic. Ana Gabriela Dávila Recinos

Lic. Andrea José Paz Barillas

www.insivumeh.gob.gt

seccion.oceanografia@insivumeh.gob.gt

Índice

1. Siglas y Abreviaturas	1
2. Glosario	2
3. Introducción	4
4. Objetivos	5
4.1. Objetivo general	5
4.2. Objetivos específicos	5
5. Sitios monitoreados por INSIVUMEH	6
5.1. Sitios de monitoreo	6
5.2. Estaciones mareográficas	6
6. Monitoreo de variables físicas y químicas	9
6.1. Temperatura superficial del mar	9
6.2. Salinidad superficial del mar	13
6.3. Anomalía del nivel del mar	17
6.4. Marea astronómica	21
6.5. Acidez del océano	23
6.6. Concentración de oxígeno disuelto	27
6.7. Producción primaria neta	31
6.8. Concentración de clorofila- α	35

1 Siglas y Abreviaturas

ANM	Anomalía del nivel del mar
CMEMS	Copernicus Marine Environment Monitoring Service
COP	Conferencia de las Partes
CRW	Coral Reef Watch
ENOS	El Niño-Oscilación del Sur
FAN	FloreCIMIENTO algal nocivo
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PPN	Producción primaria neta
RADS	Radar Altimeter Database System
SSM	Salinidad superficial del mar
TSM	Temperatura superficial del mar
USGS	United States Geological Survey

2 Glosario

- **Atmósfera:** "Envoltura gaseosa que rodea la tierra" (WMO 1992).
- **Bajamar:** "Momento del ciclo de la marea en que el agua del mar desciende a la mínima altura" (Perillo y Piccolo 2017).
- **Balance hídrico:** "Balance de agua basado en el principio de que, durante un cierto intervalo de tiempo, el aporte total a una cuenca o masa de agua debe ser igual a la salida total de agua más la variación neta en el almacenamiento de la cuenca o masa de agua" (WMO 1992).
- **Biomasa:** "Cantidad de materia orgánica de una especie, nivel trófico o comunidad viva por unidad de superficie o de volumen de agua" (Instituto Nacional de Estadística y Geografía 1986).
- **Característica eurihalina:** "Organismos que toleran un rango grande de concentraciones de salinidad" (Bear, Connors y Paradiso 2025).
- **Clima:** "Síntesis de las condiciones meteorológicas en un lugar determinado, caracterizada por estadísticas a largo plazo (valores medios, varianzas, probabilidades de valores extremos, etc.) de los elementos meteorológicos en dicho lugar" (WMO 1992).
- **Clorofila:** "Grupo de pigmentos verdes que se encargan de captar energía lumínica para la actividad fotosintética" (Garrison y Ellis 2016).
- **Clorofila- α :** "Un tipo de pigmento fotosintético encontrado en los cloroplastos de las plantas y algas" (Bear, Connors y Paradiso 2025).
- **El Niño:** "Calentamiento anómalo del agua oceánica frente a las costas occidentales sudamericanas, acompañado habitualmente de fuertes lluvias en las regiones costeras de Perú y Chile" (WMO 1992).
- **Estación mareográfica:** "Lugar en el cual se llevan a cabo observaciones y registros periódicos de las mareas" (Instituto Nacional de Estadística y Geografía 1986).
- **Fitoplancton:** "Grupo de plancton que está constituido por algas microscópicas" (Sverdrup y Kudela 2020).
- **In situ:** "En el sitio, sobre el terreno" (RAE s.f.)
- **Litoral:** "Zona costera que se extiende mar afuera, desde el lugar donde se manifiesta la influencia del oleaje en el fondo marino hasta donde aparece un rasgo fisiográfico como un acantilado o una duna, o donde hay vegetación terrestre establecida" (Instituto Nacional de Estadística y Geografía 1986).
- **Mar:** "Masa de agua, generalmente poco profunda y con comunicaciones estrechas con las aguas y mares adyacentes, cuyas orillas bañan las costas del mismo continente" (Instituto Nacional de Estadística y Geografía 1986).
- **Marea astronómica:** "El ascenso y descenso del nivel de los mareas y demás cuerpos que resulta principalmente de la atracción gravitacional de la Luna y el Sol sobre la tierra" (Instituto Nacional de Estadística y Geografía 1986).

- **Océano:** "Vasto cuerpo de agua salada intercomunicante que ocupa las grandes depresiones de la Tierra y que circunda las tierras emergidas" (Instituto Nacional de Estadística y Geografía 1986).
- **Oceanografía:** "Es la ciencia que estudia el océano, su naturaleza física, química, geológica y biológica. En sentido estricto del término, es la descripción del medio ambiente marino" (Instituto Nacional de Estadística y Geografía 1986).
- **Pigmento fotosintético:** "Una molécula que absorbe luz para procesos fotosintéticos, a través del cual empieza el proceso de la fotosíntesis" (Bear, Connors y Paradiso 2025).
- **Píxel:** "El elemento individual más pequeño de una imagen codificada electrónicamente (incluidos los componentes espacial y espectral) registrada por un sensor de satélite" (WMO 1992).
- **Pleamar:** "Momento del ciclo de marea en que el agua del mar asciende a la máxima altura" (Perillo y Piccolo 2017).
- **Radar:** "Método electrónica para determinar desde una estación la dirección y distancia de un objeto. La distancia se mide cronometrando el tiempo empleado por los impulsos del transmisor en recorrer la distancia de ida y vuelta al objeto lejano. el término radar deriva del inglés Radio Detection And Ranging" (WMO 1992).
- **Salinidad:** Se refiere a la concentración de sal disuelta en agua, históricamente expresada en g/kg o partes por ciento, aunque también se utiliza la Unidad Práctica de Salinidad (PSU, por sus siglas en inglés) (NASA s.f.).
- **Salinidad superficial del mar:** Se refiere a la concentración de sal disuelta en agua en la capa superficial del mar (NASA s.f.).
- **Temperatura superficial del agua:** "Temperatura de la capa superficial de una masa de agua (un lago, un río, un mar)" (WMO 1992).
- **Unidad práctica de salinidad:** "La salinidad práctica de una muestra de mar, se define como la razón entre la conductividad eléctrica de una muestra de K15 a una temperatura de 15 °C y a una presión normal de una atmósfera, y la conductividad eléctrica de una solución de cloruro de potasio (KCl), en la que la fracción en masa de KCl es de 32.4356×10^{-5} , a la misma temperatura y presión. El valor K15 exactamente igual a 1 corresponde, por definición, a una salinidad práctica exactamente igual a 35" (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile 1992).

3 Introducción

El Departamento de Investigación y Servicios Hídricos, a través de la Sección de Oceanografía, presenta el Informe Semestral de Variables Oceanográficas correspondiente al primer semestre del año 2026. Este documento reúne los datos de monitoreo de fenómenos oceanográficos físicos y químicos del país, generando bases de datos, analizando y aplicando la información. Estos esfuerzos contribuyen al fortalecimiento, modernización y especialización de la información marino-costera nacional disponible para los diferentes sectores interesados.

En el desarrollo de este producto se detalla la información estadística de las variables monitoreadas a través de diferentes misiones satelitales y estaciones mareográficas, recopiladas entre enero y junio de 2026 para los once sitios de monitoreo definidos por la Sección de Oceanografía: ocho ubicados en el litoral Pacífico y tres en el litoral Caribe. Se presentan los registros mensuales de temperatura superficial del mar (TSM), salinidad superficial del mar (SSM) y anomalía del nivel del mar (ANM), obtenidos a partir de productos satelitales globales. Así mismo, se incluye el análisis del comportamiento de la marea astronómica en las estaciones mareográficas de Puerto San José y Puerto Champerico, contemplando las fechas de superluna ocurridas durante el semestre y su relación con el rango de marea observado.

Complementariamente, se incorporan los registros de variables bioquímicas de relevancia para la salud de los ecosistemas marino-costeros: la acidez del océano (pH), la concentración de oxígeno disuelto, la producción primaria neta y la concentración de clorofila- α , todas ellas obtenidas de bases de datos satelitales de alta resolución temporal y espacial. Para cada una de estas variables se presentan los valores medios mensuales, así como los extremos mínimos y máximos registrados y la fecha en que ocurrieron, con el propósito de brindar un panorama estadístico integral del comportamiento oceanográfico de ambos litorales del país durante el periodo reportado.

4 Objetivos

4.1 Objetivo general

Generar la información estadística registrada durante el primer semestre del año 2026 de las variables oceanográficas que monitorea la Sección de Oceanografía del Departamento de investigación y Servicios Hídricos de INSIVUMEH.

4.2 Objetivos específicos

- Implementar un informe semestral que refleje el monitoreo diario satelital, reportando las condiciones oceanográficas físicas, químicas y biológicas en ambos litorales del país.
- Dar a conocer la labor que realiza la Sección de Oceanografía en el monitoreo marinocostero, para promover el desarrollo de nuevos estudios y fortalecer la cooperación interinstitucional como base para futuras investigaciones.

5 Sitios monitoreados por INSIVUMEH

Con el fin de monitorear diariamente las distintas variables oceanográficas de interés en la mayor parte del territorio nacional, se definieron un conjunto de coordenadas generales, considerando que: 1) no es posible cubrir en su totalidad cada punto costero en ambos litorales; y 2) en la mayoría de casos la resolución espacial de la información obtenida no es lo suficientemente alta como para poder distinguir entre algunas zonas cercanas. Dichas coordenadas sirven como referencia para hablar de un sitio de monitoreo, también referido como sitio de interés, y a la vez, poder seleccionar, en el caso de la información rasterizada, el píxel más cercano que cubra dicho punto de referencia (figura 5.1).

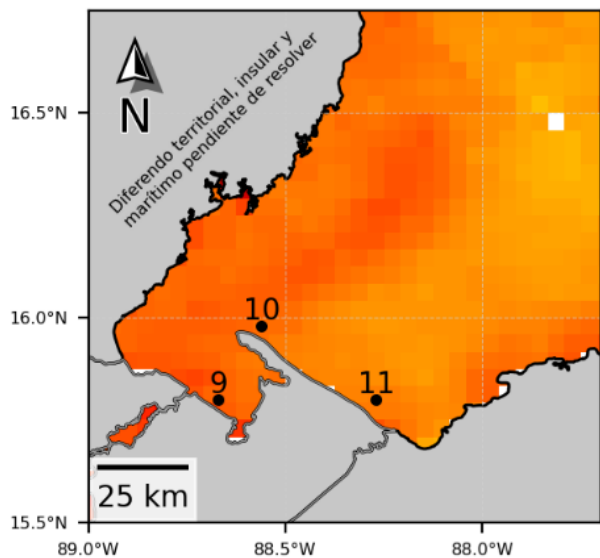


Figura 5.1: Píxeles asociados a cada sitio, según la resolución del raster utilizado.

5.1 Sitios de monitoreo

En total se han definido 11 sitios de interés: 8 para el litoral Pacífico (figura 5.2) y 3 para el mar Caribe (figura 5.3), con una distribución equidistante. Los criterios para agregar puntos de monitoreo son: la

distancia entre los puntos y su cercanía con algunas de las principales playas del país.

La distancia toma importancia ya que usualmente los datos en formato raster tienen una resolución espacial finita (Hengl 2006). Es por eso que la intención de dichos puntos es que dentro de las diferentes fuentes de datos puedan diferenciarse entre sí. A continuación, se ilustra la información de los sitios de monitoreo (cuadro 5.1).

Cuadro 5.1: Coordenadas definidas para cada sitio de interés.

No.	Departamento	Sitio	abrev.	Latitud	Longitud
1	San Marcos	Ocós	ocs	14.50	-92.20
2	Retalhuleu	Champerico	chp	14.26	-91.89
3	Suchitepéquez	Tahuexco	thx	14.07	-91.65
4	Escuintla	Tecojate	tcj	13.97	-91.36
5	Escuintla	Sipacate	spc	13.92	-91.15
6	Escuintla	Puerto San José	psj	13.90	-90.80
7	Santa Rosa	Monterrico	mtr	13.88	-90.50
8	Santa Rosa	Las Lisas	lls	13.79	-90.27
9	Izabal	Bahía de Amatique	bha	15.80	-88.67
10	Izabal	Punta de Manabique	pum	15.98	-88.56
11	Izabal	El Quetzalito	qtz	15.80	-88.27

5.2 Estaciones mareográficas

Actualmente, INSIVUMEH cuenta con cuatro estaciones mareográficas ubicadas en los departamentos de Izabal, Escuintla y Retalhuleu (cuadro 5.2). Estas estaciones almacenan los datos en la página del Sea Level Station Monitoring Facility (IOC s.f.) para su posterior descarga y procesamiento.

Cuadro 5.2: Coordenadas definidas para cada sitio de interés.

No.	Departamento	Sitio	Latitud	Longitud	Inicio de operaciones.
1	Izabal	Comando Naval de Caribe	15.6946	-88.6222	Diciembre-2024
2	Escuintla	Comando Naval del Pacífico	13.9222	-90.801	Junio-2023
3	Retalhuleu	Empresa Portuaria Nacional de Champerico	14.2966	-91.9157	Marzo-2024
4	Escuintla	Puesto de Mando Naval Sipacate	13.9194	-91.0836	Junio-2025

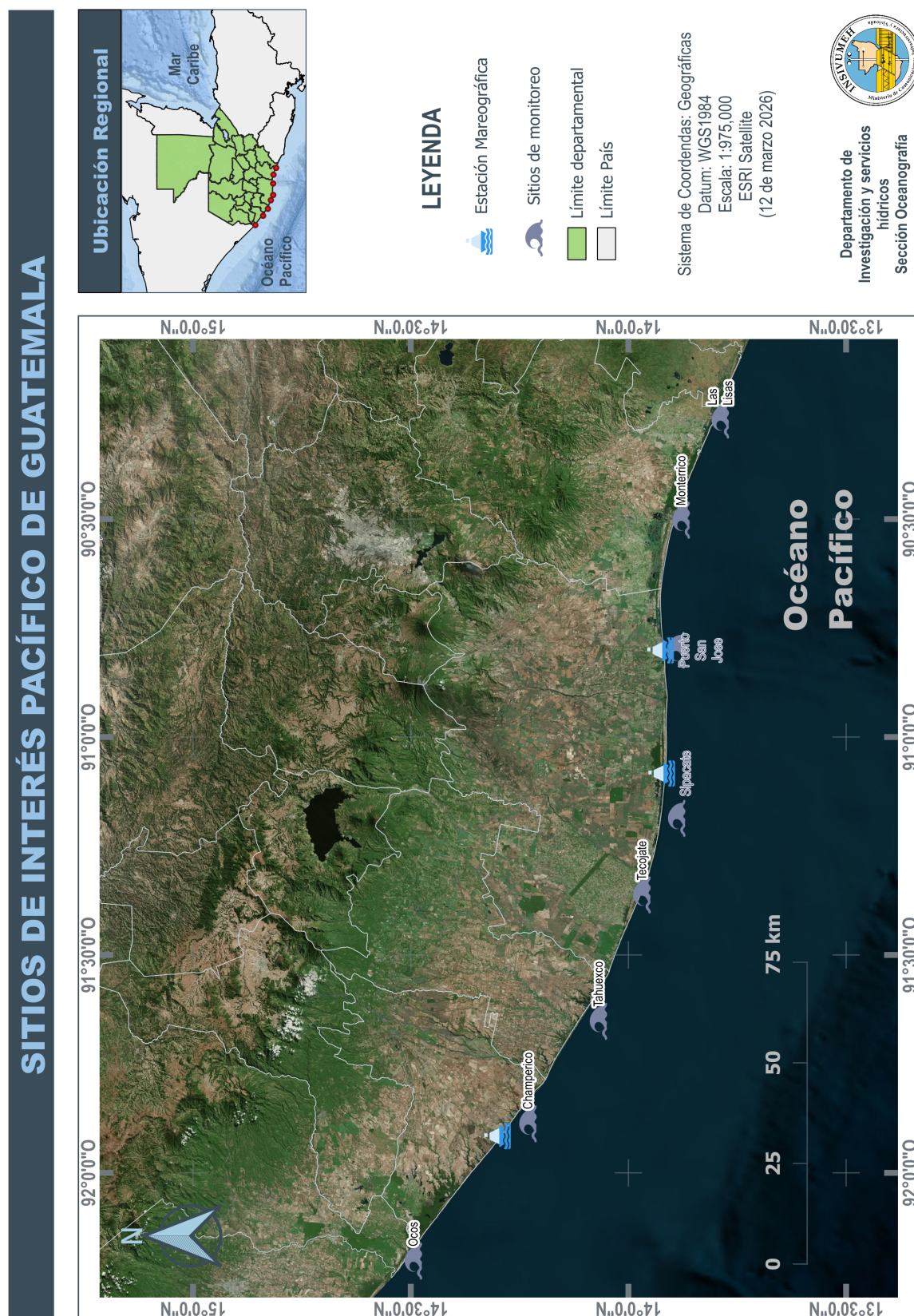


Figura 5.2: Sitios de interés en el Pacífico de Guatemala.

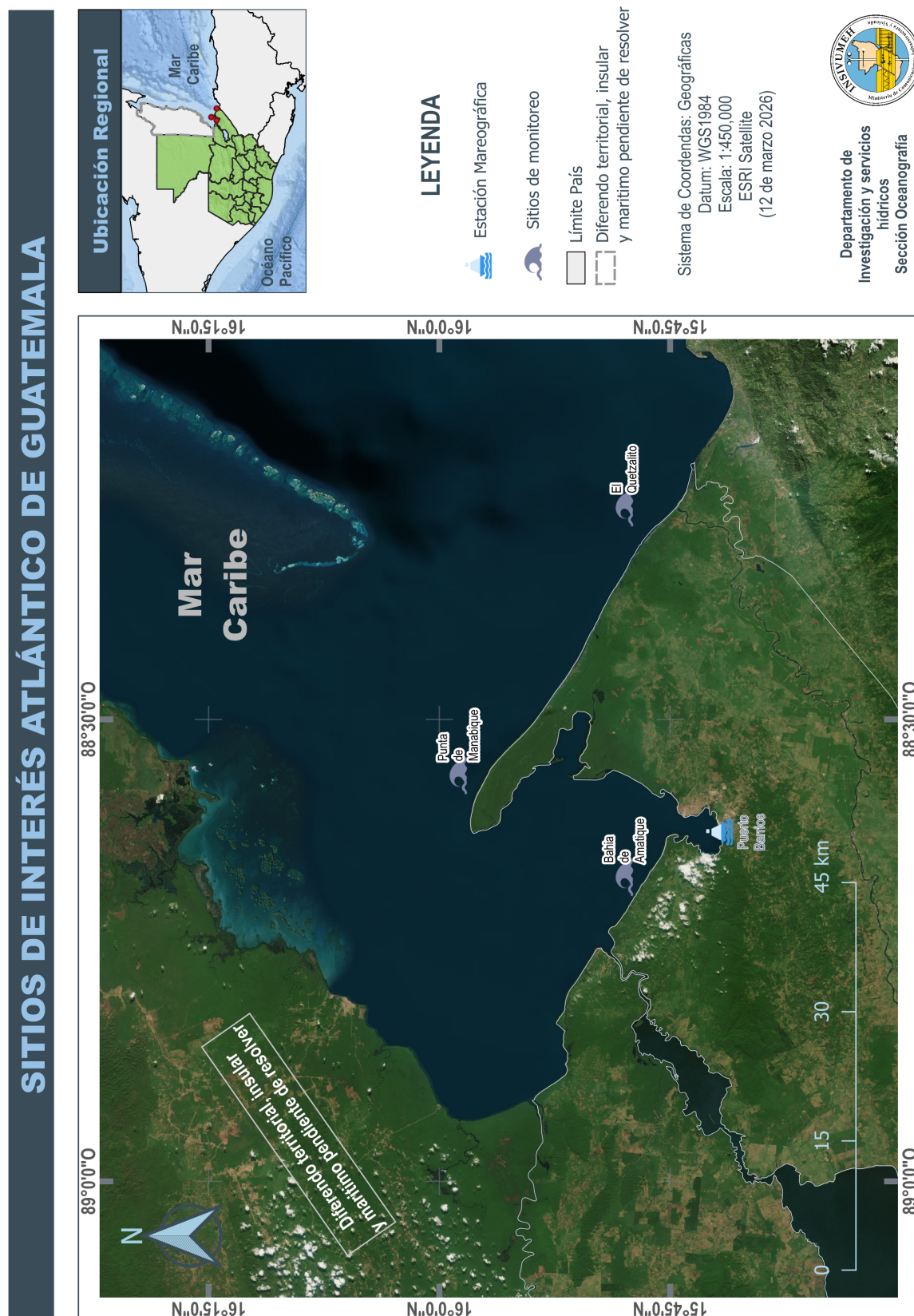


Figura 5.3: Sitios de interés en el Atlántico de Guatemala.

6 Monitoreo de variables físicas y químicas

6.1 Temperatura superficial del mar

Aspectos generales

Una de las variables oceanográficas con mayor relevancia en la dinámica costera es la Temperatura Superficial del Mar (TSM). Esta variable es fundamental en el control del clima (Iglesias et al. 2010), ya que influye en condiciones que favorecen la formación y mantenimiento de ciclones tropicales, así como de las condiciones de habitabilidad para muchos organismos como el plancton, algas marinas, mamíferos marinos, peces, etc (COP25 2019).

Más allá de su rol en los procesos naturales, la TSM también incide en las diferentes actividades humanas vinculadas al mar, particularmente en los sectores de pesca y turismo costero. Así mismo, constituye un factor clave en la ocurrencia de fenómenos como los florecimientos algales nocivos (FAN). Diversos estudios han registrado correlaciones entre el aumento de la TSM y la proliferación de estos eventos de florecimiento, evidenciando su importancia como uno de los indicadores a monitorear (Yu et al. 2007).

Registros

A continuación, se muestran los datos estadísticos de los registros de la TSM para los 11 puntos de interés captados provenientes del paquete de productos diarios globales de monitoreo satelital del estrés térmico por blanqueamiento de corales CRW de NOAA. En todas las tablas se muestran las medias mensuales (MEDIA), el valor mínimo por mes (MÍNIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÍNIMO) y el valor máximo por mes (MÁXIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÁXIMO)

Cuadro 6.1: Temperatura Superficial del Mar (°C) en Ocós utilizando los datos de reanálisis CRW.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.54	28.20	18	29.17	02
Febrero	27.91	26.70	28	28.54	19
Marzo	28.41	26.58	01	29.75	30
Abril	30.25	29.65	27	30.91	15
Mayo	30.44	29.62	04	30.83	29
Junio	30.71	30.24	14	31.32	30

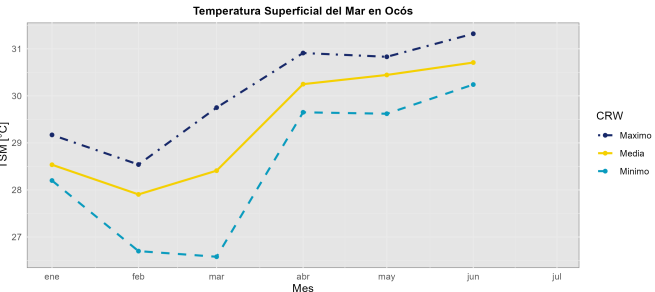


Figura 6.1: Tendencia de la Temperatura Superficial del mar (°C) en Ocós utilizando los datos de reanálisis CRW.

Cuadro 6.2: Temperatura Superficial del Mar (°C) en Champerico utilizando los datos de reanálisis CRW.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.52	28.18	13	29.08	03
Febrero	27.78	26.50	23	28.57	01
Marzo	28.40	26.81	01	29.85	30
Abril	30.33	29.93	29	30.67	15
Mayo	30.49	29.58	04	30.85	27
Junio	30.73	30.19	14	31.23	30

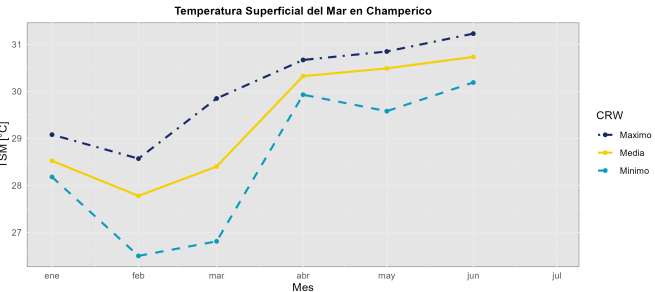


Figura 6.2: Tendencia de la Temperatura Superficial del mar (°C) en Champerico utilizando los datos de reanálisis CRW.

Cuadro 6.3: Temperatura Superficial del Mar (°C) en Tahuexco utilizando los datos de reanálisis CRW.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.41	27.99	11	28.93	01
Febrero	27.55	26.52	23	28.41	01
Marzo	28.48	26.97	01	29.80	30
Abril	30.25	29.72	01	30.60	21
Mayo	30.47	29.90	02	30.82	16
Junio	30.62	30.21	11	31.21	27

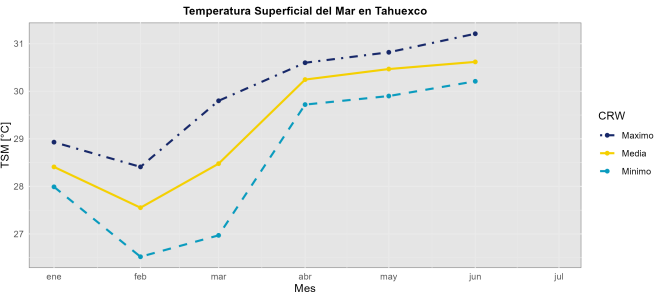


Figura 6.3: Tendencia de la Temperatura Superficial del mar (°C) en Tahuexco utilizando los datos de reanálisis CRW.

Cuadro 6.4: Temperatura Superficial del Mar (°C) en Tecojate utilizando los datos de reanálisis CRW.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.24	28.00	06	28.58	23
Febrero	27.44	26.46	21	28.19	01
Marzo	28.53	27.06	04	29.76	30
Abril	30.23	29.57	01	30.57	10
Mayo	30.47	29.94	04	30.84	28
Junio	30.48	30.02	11	31.00	27

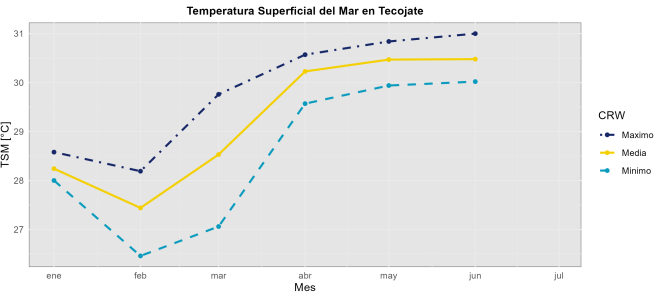


Figura 6.4: Tendencia de la Temperatura Superficial del mar (°C) en Tecojate utilizando los datos de reanálisis CRW.

Cuadro 6.5: Temperatura Superficial del Mar (°C) en Sipacate utilizando los datos de reanálisis CRW.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.10	27.82	06	28.44	24
Febrero	27.51	26.94	17	28.22	01
Marzo	28.63	27.44	02	29.79	30
Abril	30.22	29.66	01	30.64	21
Mayo	30.52	29.88	04	30.87	29
Junio	30.43	30.01	08	30.98	27

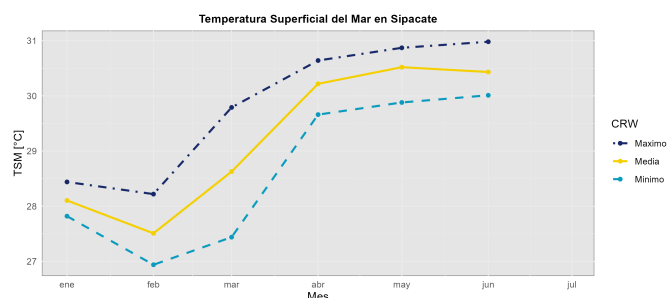


Figura 6.5: Tendencia de la Temperatura Superficial del mar (°C) en Sipacate utilizando los datos de reanálisis CRW.

Cuadro 6.6: Temperatura Superficial del Mar (°C) en Puerto San José utilizando los datos de reanálisis CRW.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.87	27.16	23	28.39	27
Febrero	27.70	26.98	25	28.15	01
Marzo	28.68	27.28	01	29.39	30
Abril	29.96	29.27	01	30.63	12
Mayo	30.48	29.96	05	31.02	14
Junio	30.44	30.04	21	31.11	04

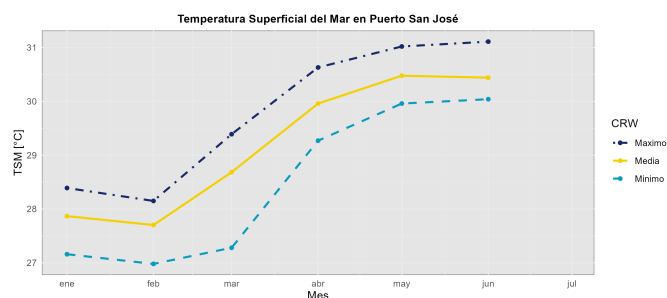


Figura 6.6: Tendencia de la Temperatura Superficial del mar (°C) en Puerto San José utilizando los datos de reanálisis CRW.

Cuadro 6.7: Temperatura Superficial del Mar (°C) en Monterrico utilizando los datos de reanálisis CRW.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.68	26.87	21	28.33	29
Febrero	27.56	26.19	25	28.08	01
Marzo	28.69	27.17	01	29.34	17
Abril	29.83	29.23	01	30.56	12
Mayo	30.43	29.81	05	30.92	14
Junio	30.46	30.07	13	31.01	04

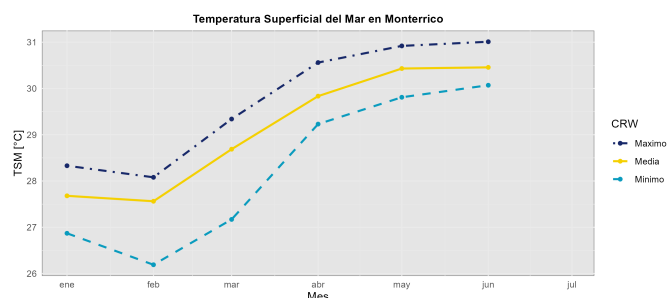


Figura 6.7: Tendencia de la Temperatura Superficial del mar (°C) en Monterrico utilizando los datos de reanálisis CRW.

Cuadro 6.8: Temperatura Superficial del Mar (°C) en Las Lisas utilizando los datos de reanálisis CRW.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.61	27.11	20	28.23	01
Febrero	27.49	26.40	25	27.95	20
Marzo	28.72	27.40	01	29.30	13
Abril	29.72	29.02	02	30.20	12
Mayo	30.45	29.88	03	30.85	27
Junio	30.37	30.03	16	30.85	23

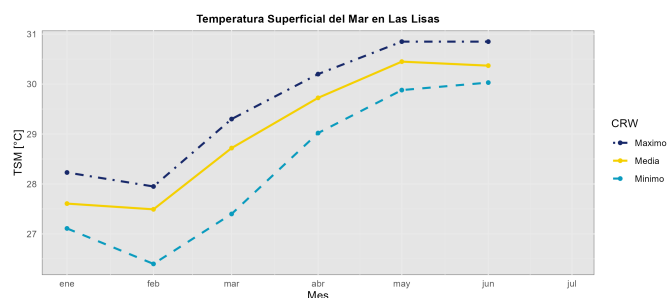


Figura 6.8: Tendencia de la Temperatura Superficial del mar (°C) en Las Lisas utilizando los datos de reanálisis CRW.

Cuadro 6.9: Temperatura Superficial del Mar (°C) en Bahía de Amatique utilizando los datos de reanálisis CRW.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.62	26.00	02	27.41	27
Febrero	26.46	25.64	13	27.56	22
Marzo	27.77	27.26	30	28.67	16
Abril	28.82	27.46	01	30.19	27
Mayo	30.42	29.87	04	30.94	14
Junio	30.55	29.91	03	31.16	22

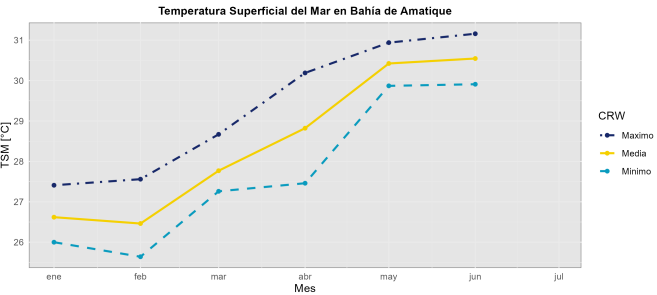


Figura 6.9: Tendencia de la Temperatura Superficial del mar (°C) en Bahía de Amatique utilizando los datos de reanálisis CRW.

Cuadro 6.10: Temperatura Superficial del Mar (°C) en Punta de Manabique utilizando los datos de reanálisis CRW.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.68	26.22	21	27.36	27
Febrero	26.46	25.87	13	27.20	22
Marzo	27.57	27.10	27	28.34	17
Abril	28.51	27.14	01	29.76	27
Mayo	29.99	29.54	04	30.48	14
Junio	30.26	29.65	03	30.94	22

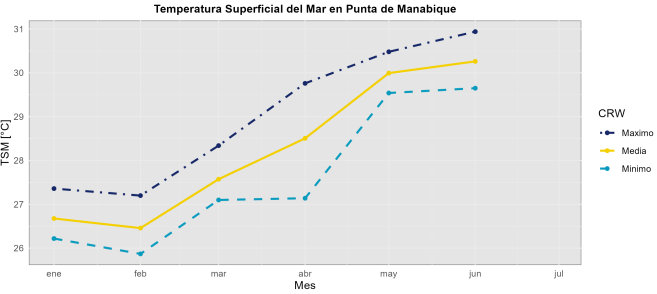


Figura 6.10: Tendencia de la Temperatura Superficial del mar (°C) en Punta de Manabique utilizando los datos de reanálisis CRW.

Cuadro 6.11: Temperatura Superficial del Mar (°C) en El Quetzalito utilizando los datos de reanálisis CRW.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.71	26.30	21	27.21	27
Febrero	26.48	25.98	09	27.20	22
Marzo	27.40	26.94	27	28.14	17
Abril	28.33	27.26	01	29.57	25
Mayo	29.85	29.44	04	30.22	14
Junio	30.14	29.69	02	30.82	20

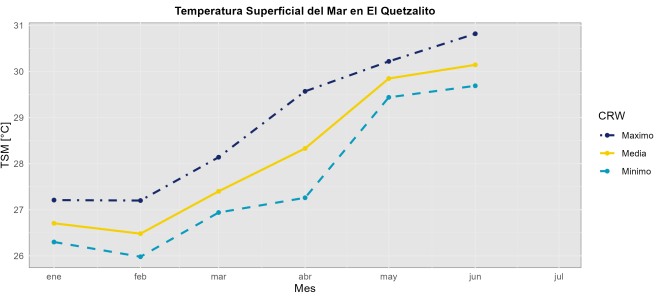


Figura 6.11: Tendencia de la Temperatura Superficial del mar (°C) en El Quetzalito utilizando los datos de reanálisis CRW.

6.2 Salinidad superficial del mar

Aspectos generales

La salinidad constituye un factor determinante en distintos procesos físicos y biológicos que forman parte de la dinámica de los ecosistemas marino-costeros. En el ámbito físico, esta variable regula la densidad oceánica, y la circulación termohalina (Cessi s.f.), además de ser clave para el balance hídrico global, las tasas de evaporación y el comportamiento de las corrientes marinas (Talley et al. 2011).

En cuanto a su impacto biológico, las variaciones en la salinidad afectan el mecanismo osmorregulador de los peces, condicionando su comportamiento y distribución según la tolerancia de cada especie: aquellas con características eurihalinas (soporta desde agua dulce hasta altas concentraciones salinas) o estenohalinas (soporta un rango pequeño de concentración de sal) (Arjona et al. 2007).

Registros

A continuación, se muestran los datos estadísticos globales de la dinámica del océano azul (físico) enfocado en los registros de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) para los 11 puntos de interés provenientes del Servicio de Vigilancia Marina de Copernicus (CMEMS). En las tablas a continuación se muestran las medias mensuales (MEDIA), el valor mínimo por mes (MÍNIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÍNIMO) y el valor máximo por mes (MÁXIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÁXIMO).

Cuadro 6.12: Salinidad Superficial del Mar en Ocós utilizando datos globales de CMEMS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	33.39	33.15	01	33.62	31
Febrero	33.73	33.63	03	33.90	28
Marzo	33.95	33.91	01	33.97	28
Abril	34.03	33.97	01	34.09	16
Mayo	33.95	33.74	29	34.07	05
Junio	33.33	33.16	28	33.81	01

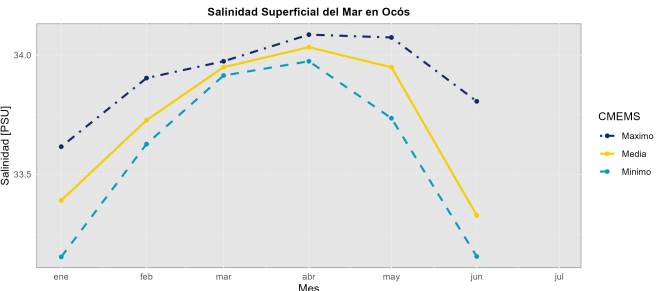


Figura 6.12: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Ocós utilizando datos globales de CMEMS.

Cuadro 6.13: Salinidad Superficial del Mar en Champerico utilizando datos globales de CMEMS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	33.42	33.26	01	33.61	31
Febrero	33.72	33.62	01	33.89	28
Marzo	33.93	33.90	01	33.94	26
Abril	33.97	33.93	02	34.02	15
Mayo	33.96	33.82	29	34.07	06
Junio	33.47	33.23	30	33.87	01

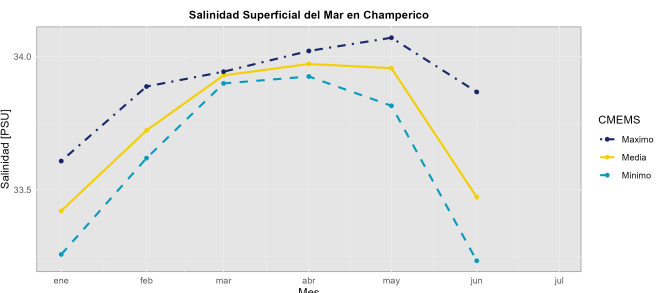


Figura 6.13: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Champerico utilizando datos globales de CMEMS.

Cuadro 6.14: Salinidad Superficial del Mar en Tahuexco utilizando datos globales de CMEMS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	33.48	33.31	01	33.61	31
Febrero	33.76	33.62	01	33.87	28
Marzo	33.92	33.88	01	33.96	26
Abril	33.98	33.96	01	34.00	30
Mayo	34.01	33.91	31	34.06	06
Junio	33.55	33.39	28	33.90	01

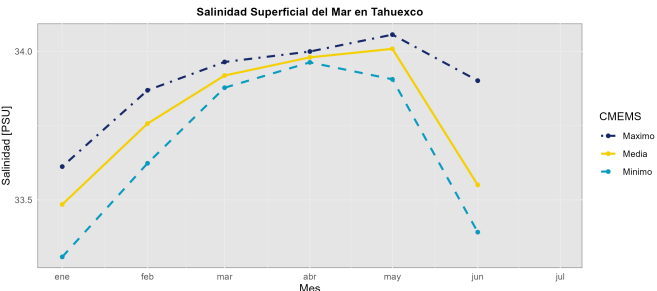


Figura 6.14: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Tahuexco utilizando datos globales de CMEMS.

Cuadro 6.15: Salinidad Superficial del Mar en Tecojate utilizando datos globales de CMEMS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	33.54	33.26	01	33.68	30
Febrero	33.78	33.68	01	33.90	28
Marzo	33.92	33.90	15	33.96	31
Abril	33.97	33.90	09	34.02	30
Mayo	33.97	33.89	29	34.06	04
Junio	33.55	33.37	12	33.90	01

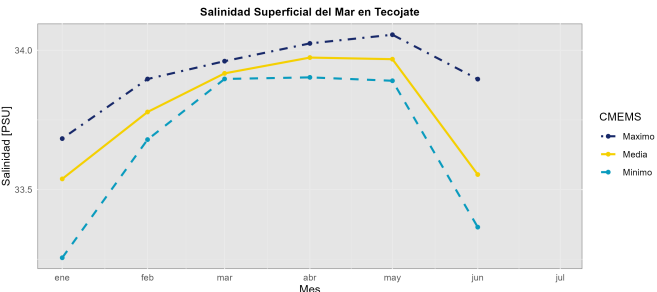


Figura 6.15: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Tecojate utilizando datos globales de CMEMS.

Cuadro 6.16: Salinidad Superficial del Mar en Sipacate utilizando datos globales de CMEMS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	33.52	33.23	01	33.70	31
Febrero	33.81	33.72	01	33.90	28
Marzo	33.89	33.86	17	33.93	31
Abril	33.90	33.81	08	33.98	30
Mayo	33.95	33.86	10	34.01	03
Junio	33.54	33.37	16	33.86	01

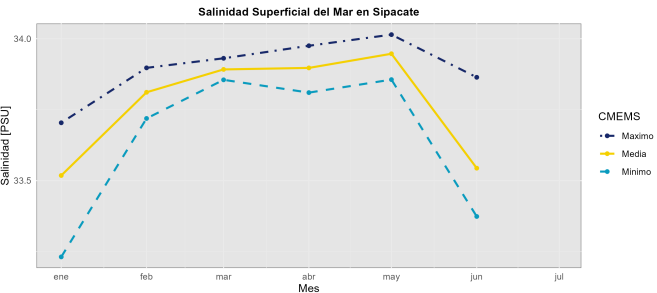


Figura 6.16: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Sipacate utilizando datos globales de CMEMS.

Cuadro 6.17: Salinidad Superficial del Mar en Puerto San José utilizando datos globales de CMEMS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	33.37	32.90	01	33.64	31
Febrero	33.74	33.67	01	33.84	28
Marzo	33.77	33.63	21	33.88	05
Abril	33.72	33.54	09	33.85	30
Mayo	33.79	33.68	07	33.87	19
Junio	33.55	33.26	29	33.75	03

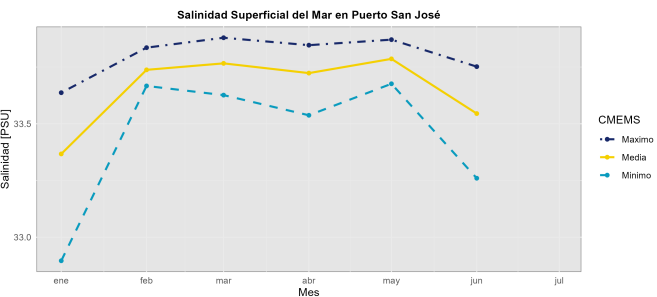


Figura 6.17: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Puerto San José utilizando datos globales de CMEMS.

Cuadro 6.18: Salinidad Superficial del Mar en Monterrico utilizando datos globales de CMEMS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	33.35	33.07	01	33.65	31
Febrero	33.74	33.67	01	33.85	26
Marzo	33.75	33.65	25	33.84	03
Abril	33.64	33.55	10	33.70	01
Mayo	33.73	33.65	05	33.80	19
Junio	33.53	33.27	30	33.75	01

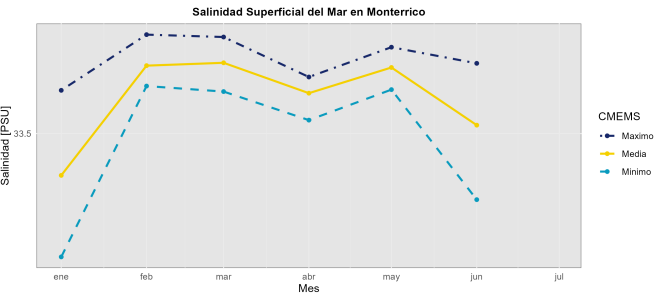


Figura 6.18: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Monterrico utilizando datos globales de CMEMS.

Cuadro 6.19: Salinidad Superficial del Mar en Las Lisas utilizando datos globales de CMEMS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	33.36	33.12	01	33.60	30
Febrero	33.76	33.68	01	33.96	25
Marzo	33.69	33.42	15	33.87	04
Abril	33.59	33.56	06	33.65	01
Mayo	33.71	33.63	04	33.77	18
Junio	33.50	33.15	28	33.76	01

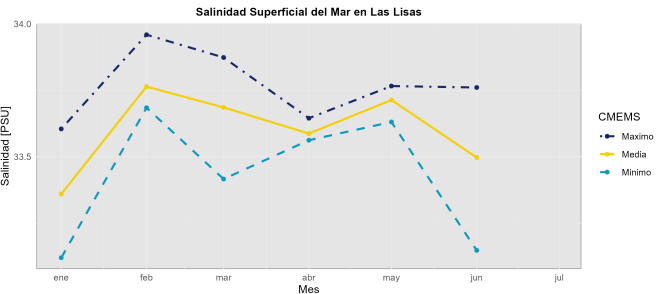


Figura 6.19: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Las Lisas utilizando datos globales de CMEMS.

Cuadro 6.20: Salinidad Superficial del Mar en Bahía de Amatique utilizando datos globales de CMEMS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	33.24	32.66	01	33.84	31
Febrero	34.36	33.90	01	34.59	28
Marzo	34.68	34.56	06	34.89	26
Abril	34.95	34.57	02	35.34	30
Mayo	35.72	35.37	01	35.95	24
Junio	35.84	35.71	30	35.94	06

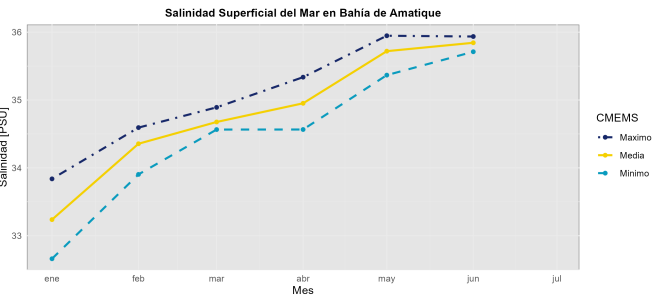


Figura 6.20: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Bahía de Amatique utilizando datos globales de CMEMS.

Cuadro 6.21: Salinidad Superficial del Mar en Punta de Manabique utilizando datos globales de CMEMS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	34.12	33.71	01	34.67	29
Febrero	34.95	34.74	01	35.03	08
Marzo	35.19	34.87	02	35.41	27
Abril	35.43	35.17	02	35.74	30
Mayo	35.95	35.77	01	36.10	24
Junio	36.02	35.89	11	36.12	29

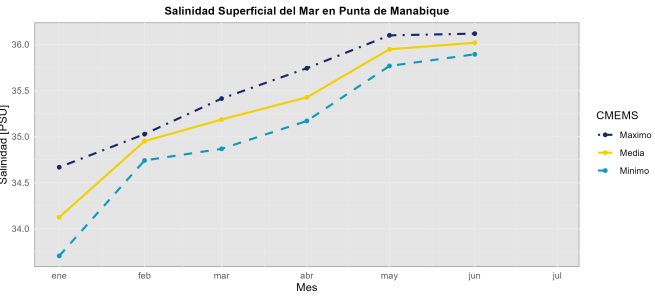


Figura 6.21: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Punta de Manabique utilizando datos globales de CMEMS.

Cuadro 6.22: Salinidad Superficial del Mar en El Quetzalito utilizando datos globales de CMEMS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	34.35	33.57	02	35.14	28
Febrero	35.29	35.00	01	35.42	18
Marzo	35.16	34.71	19	35.49	25
Abril	35.39	35.21	07	35.62	30
Mayo	35.83	35.64	01	35.98	24
Junio	36.01	35.90	02	36.12	28

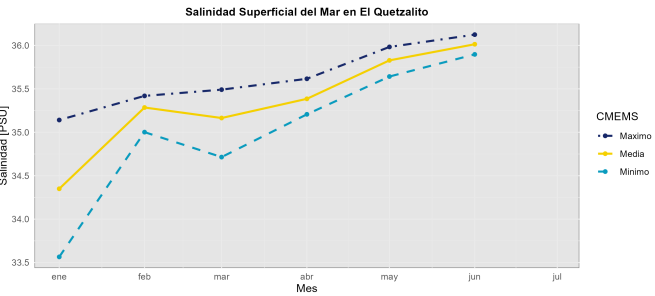


Figura 6.22: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en El Quetzalito utilizando datos globales de CMEMS.

6.3 Anomalía del nivel del mar

Aspectos generales

Como complemento a la información de las estaciones mareográficas se utiliza información satelital sobre la anomalía del nivel del mar (ANM). Este término se define como la diferencia entre el nivel del mar observado y su valor climatológico esperado en un período de referencia (Pugh, P.L. Woodworth y P. Woodworth 2014). El nivel del mar se ve influenciado por la compleja interacción de varios factores fisicoquímicos tales como cambios en las temperaturas, salinidad, modificaciones en la circulación oceánica y fenómenos climáticos de gran escala como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) (NOAA s.f.[b]).

La importancia de su monitoreo radica en que, al sumarse a la marea astronómica, eleva el nivel base sobre el que actúa el oleaje y otros factores oceanográficos, incrementando el riesgo de eventos extremos como inundaciones costeras y erosión de las playas (Stephens et al. 2014; Theuerkauf et al. 2014).

Registros

A continuación, se muestran los datos estadísticos de los registros de la Anomalía del Nivel del Mar para los 11 puntos de interés, captados por el satélite RADS que utiliza un sensor de Radar con datos altimétricos. En las siguientes tablas se muestran las medias mensuales (MEDIA), el valor mínimo por mes (MÍNIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÍNIMO) y el valor máximo por mes (MÁXIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÁXIMO).

Cuadro 6.23: Anomalía del Nivel del Mar (m) en Ocós utilizando los datos de altimetría RADS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.08	0.02	03	0.12	17
Febrero	-0.02	-0.16	23	0.06	01
Marzo	-0.01	-0.09	02	0.09	29
Abril	0.03	-0.02	17	0.08	01
Mayo	0.21	0.06	05	0.27	26
Junio	0.26	0.22	27	0.29	03

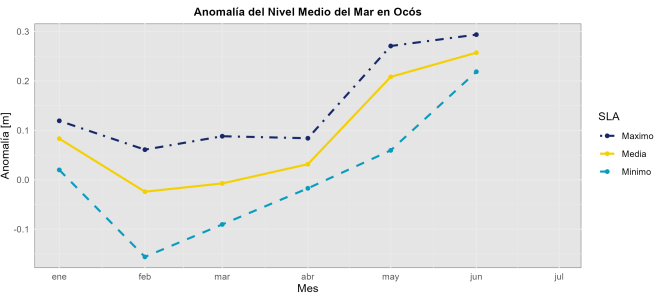


Figura 6.23: Tendencia de la Anomalía del Nivel del Mar (m) en Ocós utilizando los datos de altimetría RADS.

Cuadro 6.24: Anomalía del Nivel del Mar (m) en Champerico utilizando los datos de altimetría RADS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.07	0.03	31	0.11	17
Febrero	-0.03	-0.17	23	0.05	01
Marzo	-0.01	-0.09	03	0.07	27
Abril	0.02	-0.02	20	0.07	03
Mayo	0.21	0.06	02	0.26	21
Junio	0.25	0.23	12	0.29	03

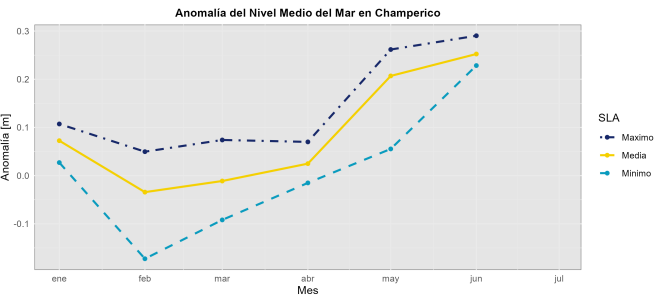


Figura 6.24: Tendencia de la Anomalía del Nivel del Mar (m) en Champerico utilizando los datos de altimetría RADS.

Cuadro 6.25: Anomalía del Nivel del Mar (m) en Tahuexco utilizando los datos de altimetría RADS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.07	0.01	31	0.11	17
Febrero	-0.04	-0.20	23	0.04	01
Marzo	-0.01	-0.09	03	0.07	31
Abril	0.02	-0.02	20	0.07	03
Mayo	0.21	0.05	02	0.27	23
Junio	0.26	0.22	05	0.29	25

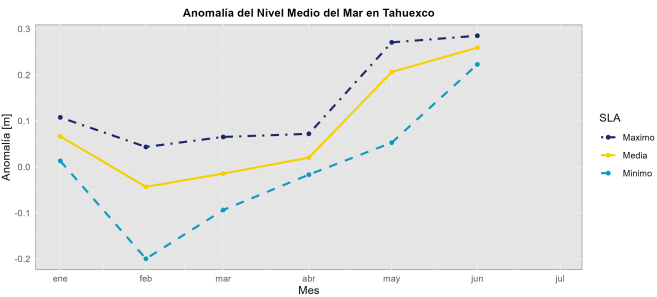


Figura 6.25: Tendencia de la Anomalía del Nivel del Mar (m) en Tahuexco utilizando los datos de altimetría RADS.

Cuadro 6.26: Anomalía del Nivel del Mar (m) en Tecojate utilizando los datos de altimetría RADS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.06	0.01	29	0.10	17
Febrero	-0.02	-0.14	23	0.04	01
Marzo	-0.02	-0.09	03	0.07	31
Abril	0.02	-0.02	23	0.07	03
Mayo	0.20	0.04	03	0.27	24
Junio	0.27	0.22	05	0.30	13

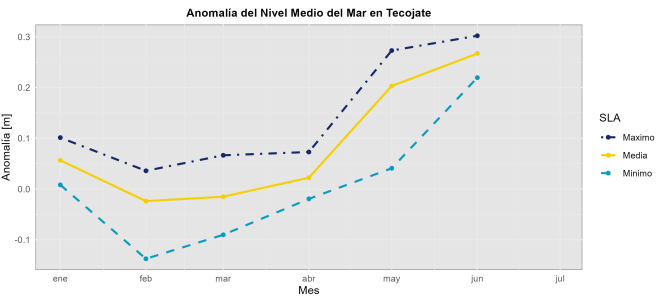


Figura 6.26: Tendencia de la Anomalía del Nivel del Mar (m) en Tecojate utilizando los datos de altimetría RADS.

Cuadro 6.27: Anomalía del Nivel del Mar (m) en Sipacate utilizando los datos de altimetría RADS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.05	-0.01	29	0.10	10
Febrero	-0.03	-0.12	23	0.04	14
Marzo	-0.01	-0.10	03	0.07	31
Abril	0.02	-0.02	25	0.07	03
Mayo	0.20	0.04	03	0.29	23
Junio	0.28	0.22	05	0.33	13

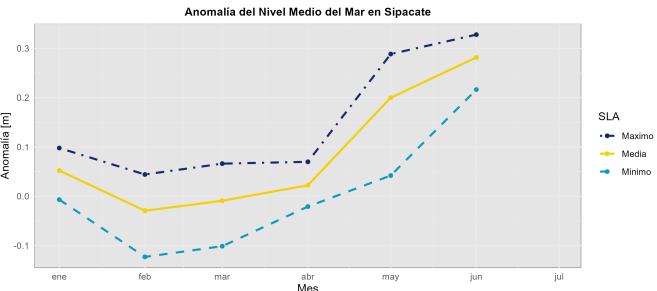


Figura 6.27: Tendencia de la Anomalía del Nivel del Mar (m) en Sipacate utilizando los datos de altimetría RADS.

Cuadro 6.28: Anomalía del Nivel del Mar (m) en Puerto San José utilizando los datos de altimetría RADS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.05	-0.03	24	0.11	10
Febrero	-0.04	-0.13	23	0.02	01
Marzo	-0.01	-0.10	03	0.06	31
Abril	0.02	-0.03	13	0.06	03
Mayo	0.19	0.04	04	0.30	23
Junio	0.28	0.19	06	0.34	11

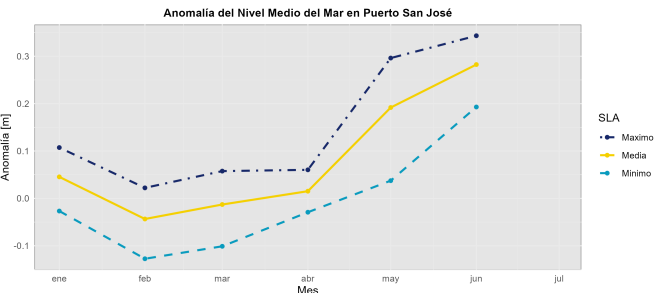


Figura 6.28: Tendencia de la Anomalía del Nivel del Mar (m) en Puerto San José utilizando los datos de altimetría RADS.

Cuadro 6.29: Anomalía del Nivel del Mar (m) en Monterrico utilizando los datos de altimetría RADS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.02	-0.15	24	0.09	08
Febrero	-0.09	-0.21	19	0.02	01
Marzo	-0.04	-0.16	17	0.06	30
Abril	-0.02	-0.13	13	0.04	05
Mayo	0.16	0.02	04	0.30	23
Junio	0.24	0.11	05	0.40	11

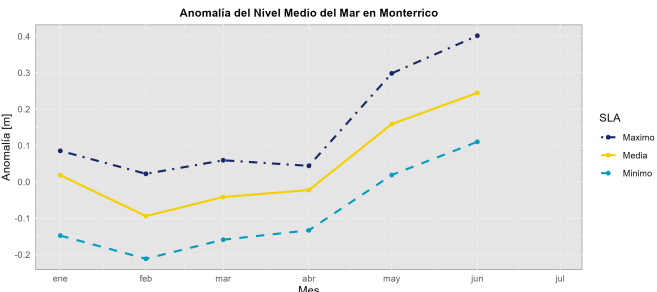


Figura 6.29: Tendencia de la Anomalía del Nivel del Mar (m) en Monterrico utilizando los datos de altimetría RADS.

Cuadro 6.30: Anomalía del Nivel del Mar (m) en Las Lisas utilizando los datos de altimetría RADS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.02	-0.15	24	0.09	08
Febrero	-0.09	-0.21	19	0.02	01
Marzo	-0.04	-0.16	17	0.06	30
Abril	-0.02	-0.13	13	0.04	05
Mayo	0.16	0.02	04	0.30	23
Junio	0.24	0.11	05	0.40	11

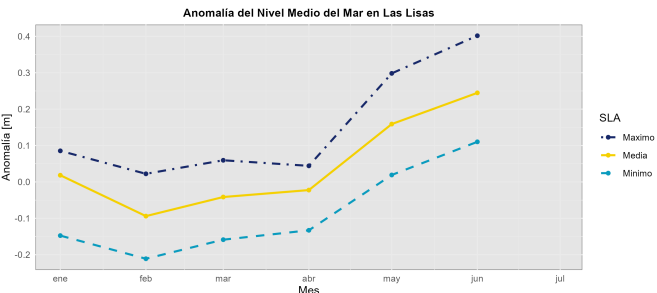


Figura 6.30: Tendencia de la Anomalía del Nivel del Mar (m) en Las Lisas utilizando los datos de altimetría RADS.

Cuadro 6.31: Anomalía del Nivel del Mar (m) en Bahía de Amatique utilizando los datos de altimetría RADS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.08	0.03	01	0.19	23
Febrero	0.11	-0.01	27	0.36	15
Marzo	0.03	-0.04	04	0.08	16
Abril	0.07	0.02	24	0.14	11
Mayo	0.05	-0.01	31	0.12	09
Junio	0.09	-0.01	02	0.22	18

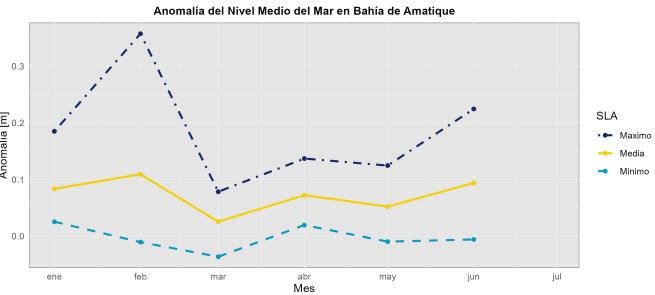


Figura 6.31: Tendencia de la Anomalía del Nivel del Mar (m) en Bahía de Amatique utilizando los datos de altimetría RADS.

Cuadro 6.32: Anomalía del Nivel del Mar (m) en Punta de Manabique utilizando los datos de altimetría RADS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.08	0.03	01	0.19	23
Febrero	0.11	-0.01	27	0.36	15
Marzo	0.03	-0.04	04	0.08	16
Abril	0.07	0.02	24	0.14	11
Mayo	0.05	-0.01	31	0.12	09
Junio	0.09	-0.01	02	0.22	18

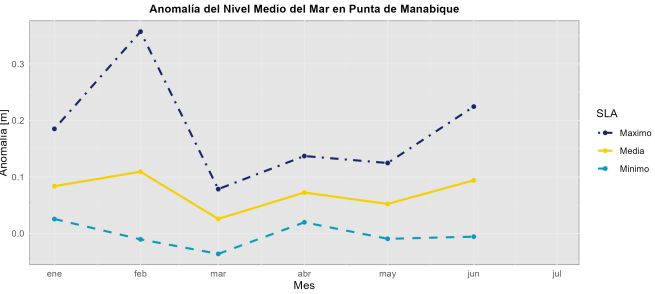


Figura 6.32: Tendencia de la Anomalía del Nivel del Mar (m) en Punta de Manabique utilizando los datos de altimetría RADS.

Cuadro 6.33: Anomalía del Nivel del Mar (m) en El Quetzalito utilizando los datos de altimetría RADS.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.08	0.03	06	0.17	23
Febrero	0.10	-0.01	28	0.35	15
Marzo	0.02	-0.04	04	0.06	13
Abril	0.07	0.01	24	0.13	11
Mayo	0.03	-0.01	31	0.08	09
Junio	0.08	-0.01	02	0.18	18

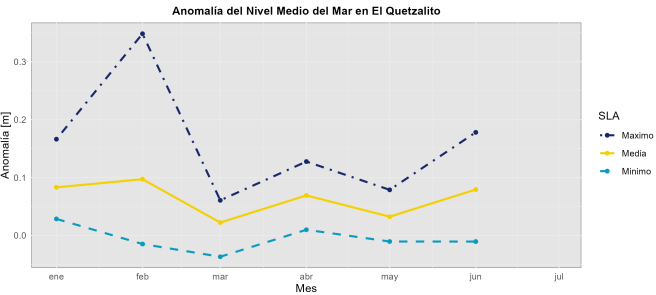


Figura 6.33: Tendencia de la Anomalía del Nivel del Mar (m) en El Quetzalito utilizando los datos de altimetría RADS.

6.4 Marea astronómica

Aspectos generales

La marea astronómica es el fenómeno natural de la variación del nivel del mar, observado como el ascenso y descenso de sus aguas. Estas variaciones se observan dos veces al día, teniendo dos máximos denominados pleamar y dos mínimos llamados bajamar, conociéndose la diferencia entre la altura de la pleamar y la bajamar como el rango de marea (Parker 2007).

Esta marea es causada por la influencia gravitacional de la Luna y el Sol sobre la Tierra. Como la fuerza de gravedad decrece con la distancia, el lado que enfrenta a cada cuerpo recibe una fuerza mayor que el lado opuesto. La diferencia entre las fuerzas ejercidas sobre cada punto y el centro de la Tierra da origen a una nueva fuerza, denominada fuerza de marea (Keeton 2014). Cuando la Luna y el Sol están alineados (fases de Luna llena o Luna nueva) ambas fuerzas se combinan para generar mareas más fuertes denominadas mareas vivas. Del mismo modo, cuando están desalineadas (fases de cuarto creciente o menguante) las dos mareas se anulan y las mareas se vuelven más débiles, llamándolas mareas muertas (Pugh, P.L. Woodworth y P. Woodworth 2014).

La distancia entre la Tierra y la Luna varía entre un mínimo de 356,400 km (perigeo) y un máximo de 406,700 km (apogeo) (Karttunen et al. 2017). Al encontrarse en el perigeo durante las fases de Luna llena o Luna nueva se presenta el fenómeno de **superluna** (Esenak s.f.). Durante un fenómeno de superluna se combina el fenómeno de mareas vivas con el aumento de fuerza debido a la cercanía lunar, lo que resulta en un aumento en el nivel de marea medido en la Tierra (Esenak s.f.).

Registros

Utilizando los datos almacenados de la estación mareográfica de Puerto San José y Puerto Champerico, se procesaron los datos eliminando valores estadísticamente atípicos y se ajustaron todos los datos al mismo nivel de referencia. Se presentan las fechas de superluna (cuadro 6.34), los valores estadísticos observados en cada estación (cuadros 6.35 y 6.36), además de sus registros de rango diario de marea (figuras 6.34 y 6.35).

Cuadro 6.34: Fechas y tipos de superlunas durante el primer semestre del 2026.

Fecha	Tipo de superluna
03/01/2026	Llena
16/05/2026	Nueva
14/06/2026	Nueva

Cuadro 6.35: Valores del nivel de marea para Puerto San José durante el primer semestre del 2026.

Mes	Promedio			Extremos	
	Bajamar	Pleamar	Rango	Bajamar	Pleamar
Enero	-0.826	0.665	1.491	-1.173	1.084
Febrero	-0.900	0.568	1.468	-1.200	0.882
Marzo	-0.781	0.650	1.431	-1.130	1.167
Abril	-0.824	0.698	1.521	-1.199	1.218
Mayo	-0.604	0.889	1.493	-0.967	1.430
Junio	-0.529	0.909	1.438	-1.115	1.392

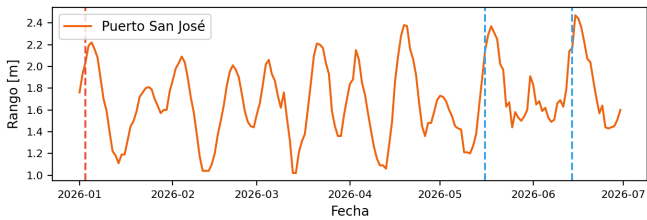


Figura 6.34: Registro del rango de marea diario en Puerto San José durante el primer semestre del 2026. Las líneas punteadas azules indican las fechas de superluna nueva y la roja la fecha de superluna llena.

Cuadro 6.36: Valores del nivel de marea para Puerto Champerico durante el primer semestre del 2026.

Mes	Promedio			Extremos	
	Bajamar	Pleamar	Rango	Bajamar	Pleamar
Enero	-0.342	0.338	0.680	-0.397	0.673
Febrero	-0.328	0.283	0.611	-0.387	0.473
Marzo	-0.436	0.315	0.751	-0.607	0.693
Abril	-0.333	0.408	0.742	-0.477	0.753
Mayo	-0.165	0.493	0.658	-0.317	0.823
Junio	0.110	0.666	0.556	-0.017	0.823

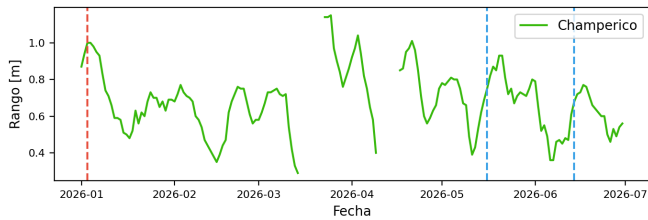


Figura 6.35: Registro del rango de marea diario en Puerto Champerico durante el primer semestre del 2026. Las líneas punteadas azules indican las fechas de superluna nueva y la roja la fecha de superluna llena.

6.5 Acidez del océano

Aspectos generales

El océano absorbe aproximadamente un 30 % del dióxido de carbono -CO₂- de la atmósfera (NOAA s.f.[a]), resultando en un cambio en el equilibrio del sistema de carbonato marino, modificando la composición química del océano y reduciendo así el pH del nivel del agua (Réroлле et al. 2012). La escala de pH indica la concentración de los iones de hidrógeno presentes en el medio acuático. Estos descensos en los niveles de pH son conocidos como acidificación de los océanos, con implicaciones significativas en la biodiversidad marina, funcionamiento de los ecosistemas y la capacidad del océano para absorber futuras emisiones atmosféricas de CO₂ (Réroлле et al. 2012).

Registros

A continuación, se muestran los datos estadísticos de los registros de concentración de acidez del océano (pH) del Mar para los 11 puntos de interés, obtenidos de la base de datos diaria del Servicio Marino Copernicus los cuales dependen fundamentalmente de la disponibilidad en tiempo casi real de datos satelitales e in situ de alta calidad con muestreo espacial y temporal suficientemente denso. En las siguientes tablas se muestran las medias mensuales (MEDIA), el valor mínimo por mes (MÍNIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÍNIMO) y el valor máximo por mes (MÁXIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÁXIMO).

Cuadro 6.37: Acidez del Océano (pH) en Ocós utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	8.04	8.03	29	8.04	01
Febrero	8.03	8.01	03	8.04	06
Marzo	8.03	8.01	31	8.04	01
Abril	8.01	8.01	01	8.01	01
Mayo	8.01	8.00	17	8.02	05
Junio	8.01	7.99	13	8.02	08

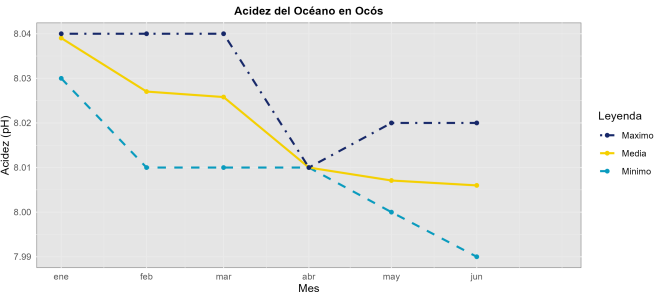


Figura 6.36: Tendencia de la Acidez del Océano (pH) en Ocós utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.38: Acidez del Océano (pH) en Champerico utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	8.04	8.03	01	8.04	08
Febrero	8.04	8.03	01	8.05	23
Marzo	8.03	8.02	14	8.05	01
Abril	8.01	8.00	29	8.02	01
Mayo	8.01	8.00	04	8.01	01
Junio	8.01	8.00	02	8.02	10

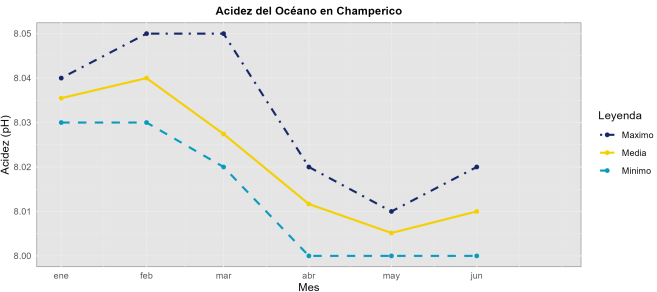


Figura 6.37: Tendencia de la Acidez del Océano (pH) en Champerico utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.39: Acidez del Océano (pH) en Tahuexco utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	8.03	8.03	01	8.04	08
Febrero	8.04	8.03	01	8.05	27
Marzo	8.03	8.02	15	8.04	01
Abril	8.01	8.00	30	8.02	01
Mayo	8.00	8.00	01	8.01	02
Junio	8.01	8.00	01	8.02	09

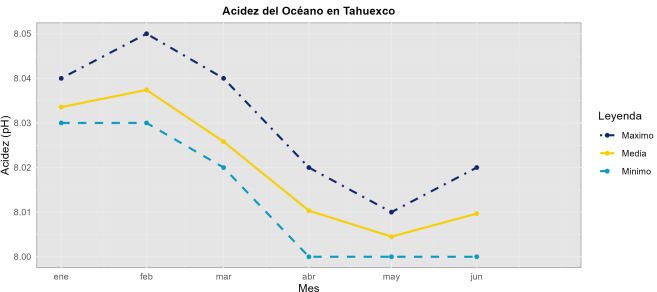


Figura 6.38: Tendencia de la Acidez del Océano (pH) en Tahuexco utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.40: Acidez del Océano (pH) en Tecojate utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	8.04	8.03	01	8.04	08
Febrero	8.04	8.03	01	8.05	23
Marzo	8.03	8.02	14	8.05	01
Abril	8.01	8.00	29	8.02	01
Mayo	8.01	8.00	04	8.01	01
Junio	8.01	8.00	02	8.02	10

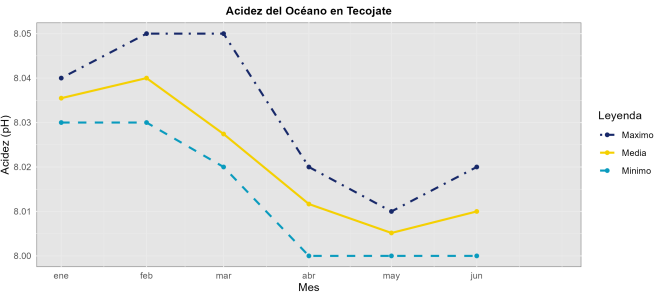


Figura 6.39: Tendencia de la Acidez del Océano (pH) en Tecojate utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.41: Acidez del Océano (pH) en Sipacate utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	8.04	8.03	01	8.04	08
Febrero	8.04	8.03	01	8.05	23
Marzo	8.03	8.02	14	8.05	01
Abril	8.01	8.00	29	8.02	01
Mayo	8.01	8.00	04	8.01	01
Junio	8.01	8.00	02	8.02	10

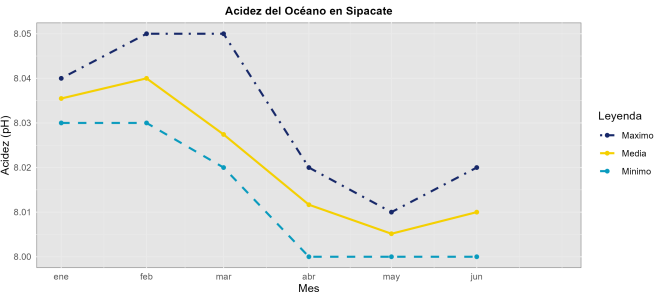


Figura 6.40: Tendencia de la Acidez del Océano (pH) en Sipacate utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.42: Acidez del Océano (pH) en Puerto San José utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	8.03	8.03	01	8.04	09
Febrero	8.03	8.02	18	8.04	06
Marzo	8.01	8.01	11	8.03	01
Abril	8.00	8.00	08	8.01	01
Mayo	7.99	7.99	13	8.00	01
Junio	8.01	8.00	01	8.03	14

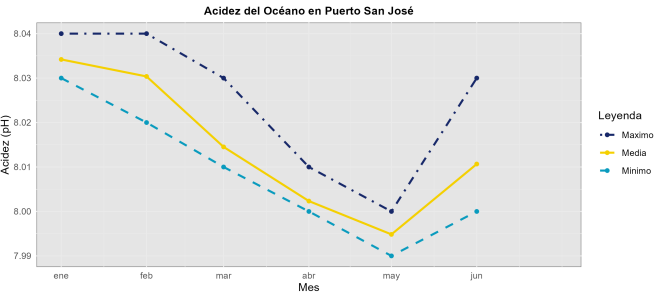


Figura 6.41: Tendencia de la Acidez del Océano (pH) en Puerto San José utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.43: Acidez del Océano (pH) en Monterrico utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	8.03	8.03	01	8.04	09
Febrero	8.03	8.02	18	8.04	06
Marzo	8.01	8.01	11	8.03	01
Abril	8.00	8.00	08	8.01	01
Mayo	7.99	7.99	13	8.00	01
Junio	8.01	8.00	01	8.03	14

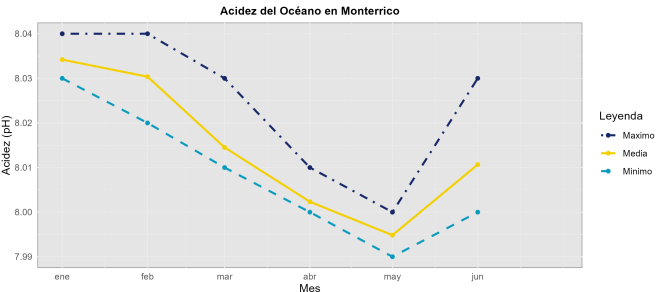


Figura 6.42: Tendencia de la Acidez del Océano (pH) en Monterrico utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.44: Acidez del Océano (pH) en Las Lisas utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	8.03	8.03	01	8.04	13
Febrero	8.04	8.03	15	8.05	03
Marzo	8.02	8.01	12	8.04	01
Abril	8.00	7.99	29	8.01	01
Mayo	7.99	7.98	17	7.99	01
Junio	8.00	7.99	01	8.02	13

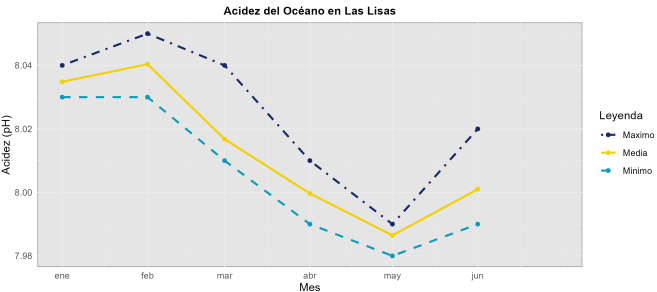


Figura 6.43: Tendencia de la Acidez del Océano (pH) en Las Lisas utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.45: Acidez del Océano (pH) en Bahía de Amatique utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	8.08	8.08	10	8.09	01
Febrero	8.08	8.06	21	8.09	02
Marzo	8.05	8.04	16	8.06	01
Abril	8.03	8.01	29	8.06	01
Mayo	8.00	8.00	06	8.01	01
Junio	8.00	7.99	09	8.01	27

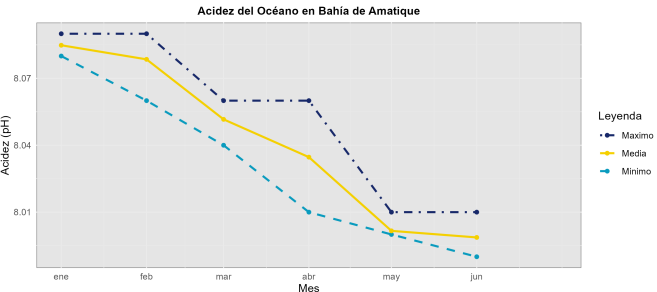


Figura 6.44: Tendencia de la Acidez del Océano (pH) en Bahía de Amatique utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.46: Acidez del Océano (pH) en Punta de Manabique utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	8.07	8.07	07	8.08	01
Febrero	8.08	8.07	01	8.08	03
Marzo	8.05	8.04	17	8.07	03
Abril	8.04	8.02	27	8.06	01
Mayo	8.01	8.01	04	8.02	01
Junio	8.00	8.00	01	8.02	28

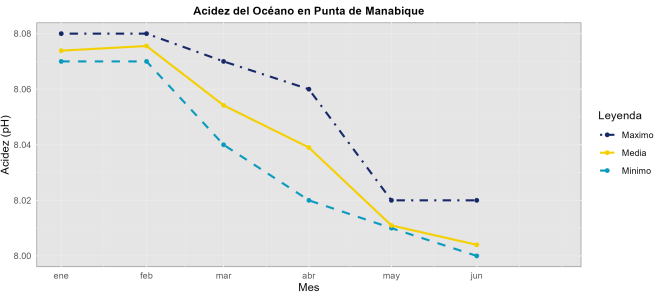


Figura 6.45: Tendencia de la Acidez del Océano (pH) en Punta de Manabique utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.47: Acidez del Océano (pH) en El Quetzalito utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	8.08	8.07	10	8.09	01
Febrero	8.07	8.06	22	8.08	01
Marzo	8.06	8.05	15	8.06	01
Abril	8.04	8.02	28	8.05	01
Mayo	8.01	8.00	23	8.02	01
Junio	8.00	8.00	01	8.01	02

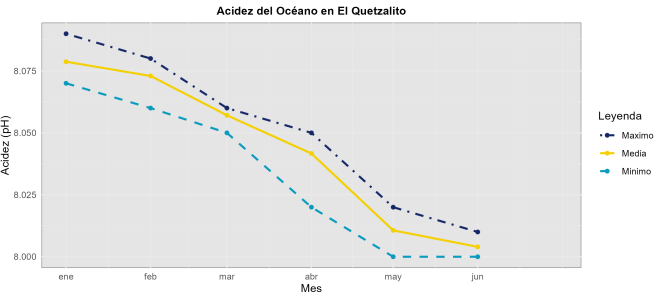


Figura 6.46: Tendencia de la Acidez del Océano (pH) en El Quetzalito utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

6.6 Concentración de oxígeno disuelto

Aspectos generales

La medición de oxígeno disuelto indica la cantidad de oxígeno disponible para los organismos acuáticos, siendo una medida directa de la calidad del agua (USGS 2018). Niveles bajos de oxígeno (hipoxia) o casi nulos (anoxia) pueden ocurrir cuando excesos de materia orgánica, como sucede en presencia de florecimientos algales, son descompuestos por microorganismos (U.S. Environmental Protection Agency, 2024).

Registros

A continuación, se muestran los datos estadísticos de los registros de concentración de oxígeno disuelto (mg/L) del Mar para los 11 puntos de interés, obtenidos de la base de datos diaria del Servicio Marino Copernicus los cuales dependen fundamentalmente de la disponibilidad en tiempo casi real de datos satelitales e in situ de alta calidad con muestreo espacial y temporal suficientemente denso. En las siguientes tablas se muestran las medias mensuales (MEDIA), el valor mínimo por mes (MÍNIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÍNIMO) y el valor máximo por mes (MÁXIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÁXIMO).

Cuadro 6.48: Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Ocós utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	7.20	7.08	26	7.34	08
Febrero	7.17	7.04	14	7.35	07
Marzo	7.33	7.24	12	7.41	18
Abril	7.13	7.00	30	7.21	11
Mayo	6.97	6.91	07	7.04	18
Junio	6.98	6.73	12	7.19	19

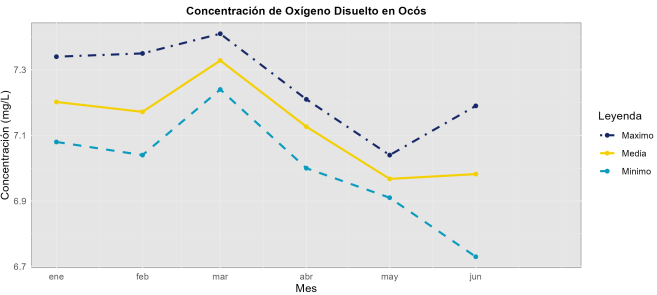


Figura 6.47: Tendencia de la Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Ocós utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.50: Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Tahuexco utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	7.12	7.09	21	7.18	31
Febrero	7.24	7.16	11	7.37	25
Marzo	7.36	7.28	16	7.43	06
Abril	7.14	7.02	26	7.31	01
Mayo	7.00	6.91	26	7.09	01
Junio	6.97	6.84	12	7.05	17

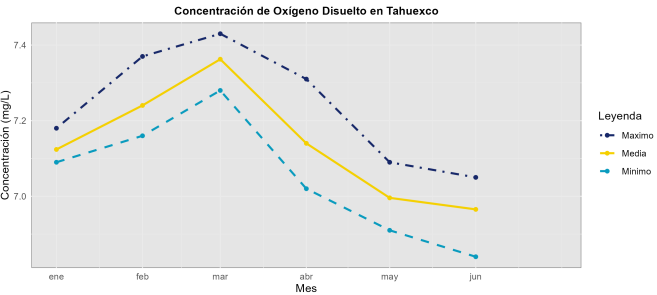


Figura 6.49: Tendencia de la Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Tahuexco utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.49: Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Champerico utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	7.16	7.12	06	7.22	28
Febrero	7.29	7.22	11	7.48	27
Marzo	7.39	7.31	16	7.51	02
Abril	7.21	7.10	25	7.34	01
Mayo	7.01	6.91	25	7.15	01
Junio	6.92	6.83	12	7.03	06

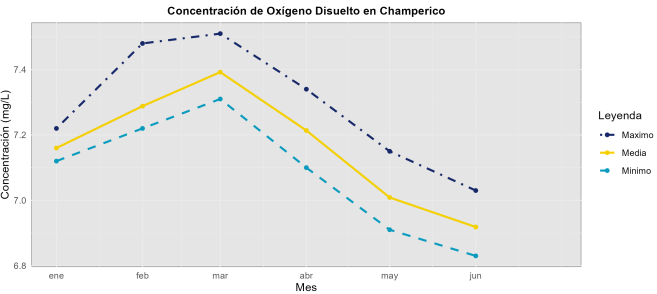


Figura 6.48: Tendencia de la Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Champerico utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.51: Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Tecojate utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	7.16	7.12	06	7.22	28
Febrero	7.29	7.22	11	7.48	27
Marzo	7.39	7.31	16	7.51	02
Abril	7.21	7.10	25	7.34	01
Mayo	7.01	6.91	25	7.15	01
Junio	6.92	6.83	12	7.03	06

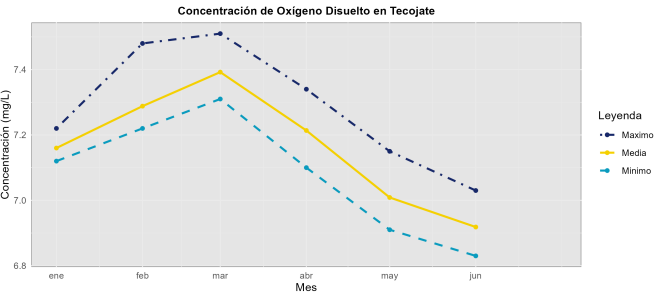


Figura 6.50: Tendencia de la Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Tecojate utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.52: Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Sipacate utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	7.16	7.12	06	7.22	28
Febrero	7.29	7.22	11	7.48	27
Marzo	7.39	7.31	16	7.51	02
Abril	7.21	7.10	25	7.34	01
Mayo	7.01	6.91	25	7.15	01
Junio	6.92	6.83	12	7.03	06

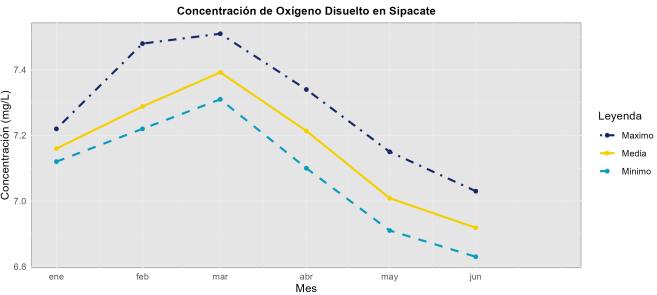


Figura 6.51: Tendencia de la Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Sipacate utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.54: Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Monterrico utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	7.16	7.13	22	7.21	31
Febrero	7.18	7.09	20	7.27	26
Marzo	7.26	7.21	14	7.29	02
Abril	7.11	7.03	27	7.26	01
Mayo	6.97	6.83	24	7.10	06
Junio	6.82	6.74	12	6.95	02

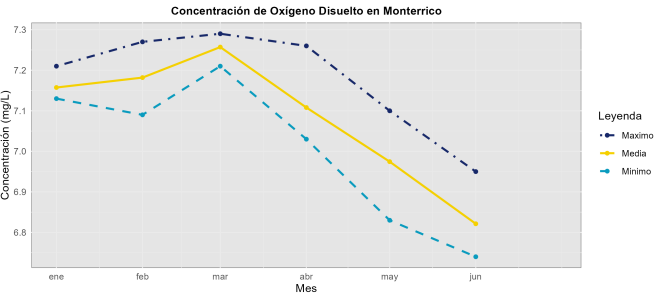


Figura 6.53: Tendencia de la Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Monterrico utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.53: Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Puerto San José utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	7.16	7.13	22	7.21	31
Febrero	7.18	7.09	20	7.27	26
Marzo	7.26	7.21	14	7.29	02
Abril	7.11	7.03	27	7.26	01
Mayo	6.97	6.83	24	7.10	06
Junio	6.82	6.74	12	6.95	02

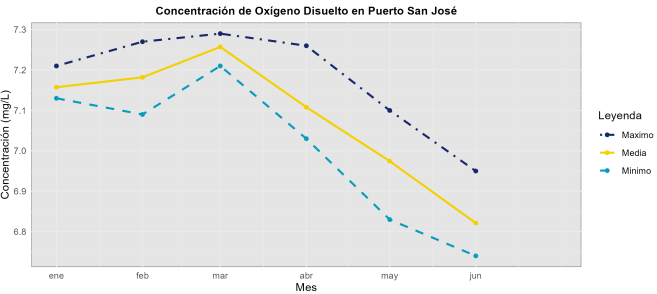


Figura 6.52: Tendencia de la Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Puerto San José utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.55: Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Las Lisas utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	7.10	7.01	13	7.18	25
Febrero	7.21	7.13	01	7.32	25
Marzo	7.25	7.18	22	7.33	01
Abril	7.04	6.92	18	7.24	01
Mayo	6.89	6.79	25	7.02	01
Junio	6.69	6.60	13	6.82	01

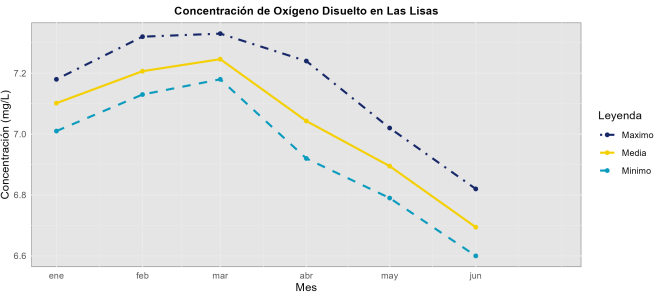


Figura 6.54: Tendencia de la Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Las Lisas utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.56: Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Bahía de Amatique utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	6.58	6.45	01	6.65	23
Febrero	6.68	6.62	25	6.71	09
Marzo	6.50	6.40	29	6.63	01
Abril	6.42	6.35	30	6.45	10
Mayo	6.22	6.15	30	6.33	01
Junio	6.12	6.07	26	6.16	05

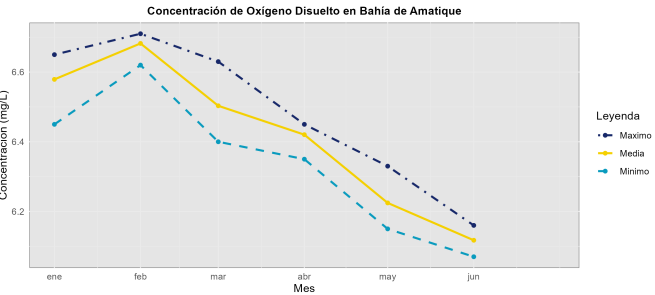


Figura 6.55: Tendencia de la Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Bahía de Amatique utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.58: Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en El Quetzalito utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	6.55	6.48	01	6.59	25
Febrero	6.61	6.58	01	6.63	18
Marzo	6.53	6.46	19	6.60	01
Abril	6.47	6.40	30	6.49	09
Mayo	6.29	6.22	26	6.38	01
Junio	6.20	6.18	24	6.22	01

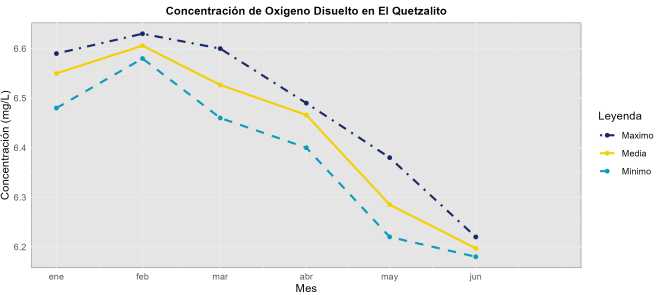


Figura 6.57: Tendencia de la Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en El Quetzalito utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.57: Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Punta de Manabique utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	6.57	6.53	01	6.60	26
Febrero	6.62	6.59	01	6.64	15
Marzo	6.52	6.48	18	6.61	01
Abril	6.46	6.37	30	6.50	01
Mayo	6.26	6.21	26	6.35	01
Junio	6.19	6.18	11	6.21	01

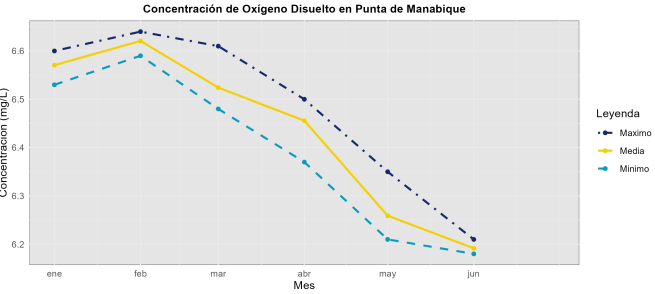


Figura 6.56: Tendencia de la Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L) en Punta de Manabique utilizando los datos del Servicio Marino Copernicus.

6.7 Producción primaria neta

Aspectos generales

Este producto mide la producción primaria neta de biomasa en los océanos, expresada en términos de carbono por unidad de volumen de agua de mar (generalmente en $\text{mg C m}^3 \text{ día}^{-1}$) (E.U. Copernicus Marine Service Information (CMEMS) 2026). La producción primaria neta (NPP) representa la cantidad de carbono fijado por los organismos fotosintéticos (principalmente fitoplancton) menos la respiración autotrófica, es decir, la energía que estos organismos consumen para mantenerse vivos (Universidad de Granada s.f.).

La NPP es un indicador fundamental para comprender el ciclo del carbono en los océanos, ya que el fitoplancton es responsable de aproximadamente el 50 % de la producción primaria global (Field et al. 1998). Este proceso no solo sostiene las redes tróficas marinas, sino que también desempeña un papel crucial en la regulación del clima, ya que el carbono fijado por el fitoplancton puede ser transportado a las profundidades del océano a través de la "bomba biológica", contribuyendo así a la secuestación de carbono a largo plazo (Falkowski, Barber y Smetacek 1998).

Registros

A continuación, se muestran los datos estadísticos de los registros de Producción Primaria Neta ($\text{mg C m}^3 \text{ día}^{-1}$) del Mar para los 11 puntos de interés, obtenidos de la base de datos diaria del Servicio Marino Copernicus los cuales dependen fundamentalmente de la disponibilidad en tiempo casi real de datos satelitales e in situ de alta calidad con muestreo espacial y temporal suficientemente denso. En las siguientes tablas se muestran las medias mensuales (MEDIA), el valor mínimo por mes (MÍNIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÍNIMO) y el valor máximo por mes (MÁXIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÁXIMO).

Cuadro 6.59: Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Ocos según los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	30.65	19.63	17	82.70	31
Febrero	53.37	30.40	10	82.36	27
Marzo	55.11	33.31	26	83.68	01
Abril	38.68	30.23	26	51.33	09
Mayo	28.55	20.57	29	44.39	18
Junio	46.68	22.48	07	109.78	17

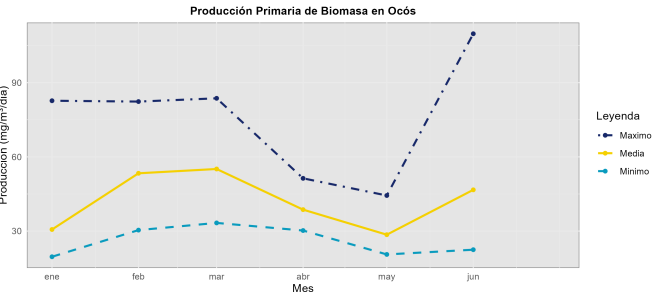


Figura 6.58: Tendencia de la Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Ocos según los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.60: Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Champerico según los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	16.39	11.65	06	19.77	15
Febrero	45.61	19.30	01	86.65	27
Marzo	54.80	37.02	31	85.82	01
Abril	35.00	24.85	24	43.40	11
Mayo	21.51	14.26	20	42.28	04
Junio	24.63	13.79	30	59.86	17

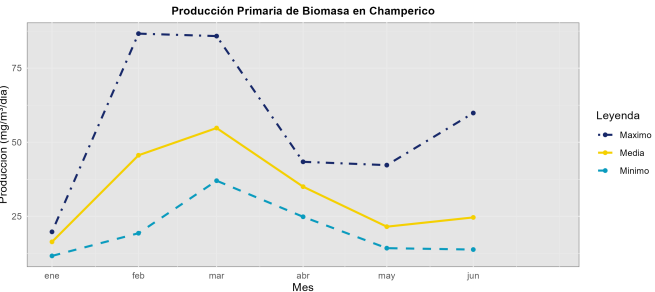


Figura 6.59: Tendencia de la Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Champerico según los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.61: Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Tahuexco según los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	16.54	15.09	11	21.63	31
Febrero	45.56	22.79	05	65.60	27
Marzo	51.90	31.75	30	71.27	01
Abril	30.74	17.78	24	48.11	08
Mayo	20.76	14.61	29	31.33	01
Junio	34.65	17.45	09	79.11	15

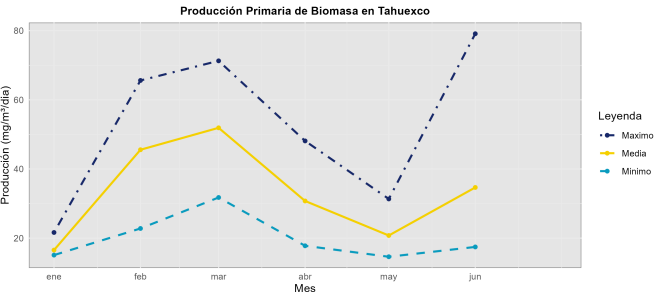


Figura 6.60: Tendencia de la Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Tahuexco según los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.62: Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Tecojate según los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	16.39	11.65	06	19.77	15
Febrero	45.61	19.30	01	86.65	27
Marzo	54.80	37.02	31	85.82	01
Abril	35.00	24.85	24	43.40	11
Mayo	21.51	14.26	20	42.28	04
Junio	24.63	13.79	30	59.86	17

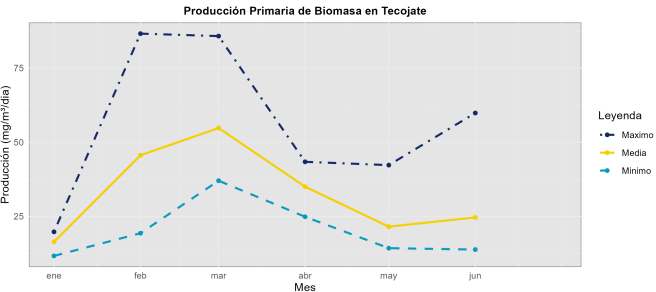


Figura 6.61: Tendencia de la Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Tecojate según los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.63: Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Sipacate según los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	16.39	11.65	06	19.77	15
Febrero	45.61	19.30	01	86.65	27
Marzo	54.80	37.02	31	85.82	01
Abril	35.00	24.85	24	43.40	11
Mayo	21.51	14.26	20	42.28	04
Junio	24.63	13.79	30	59.86	17

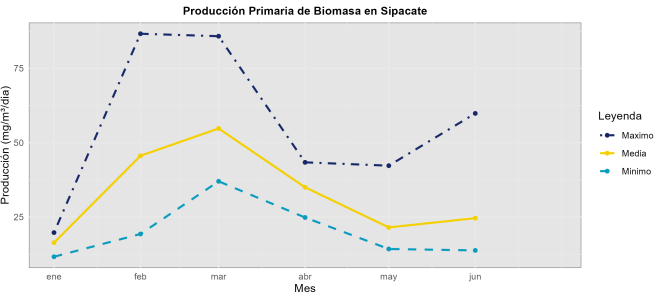


Figura 6.62: Tendencia de la Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Sipacate según los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.64: Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Puerto San José según los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	36.48	27.43	02	44.75	31
Febrero	53.87	44.52	12	78.67	26
Marzo	60.14	51.94	31	75.61	01
Abril	42.73	38.75	07	51.90	01
Mayo	28.84	19.91	22	45.78	04
Junio	28.68	24.16	05	32.52	29

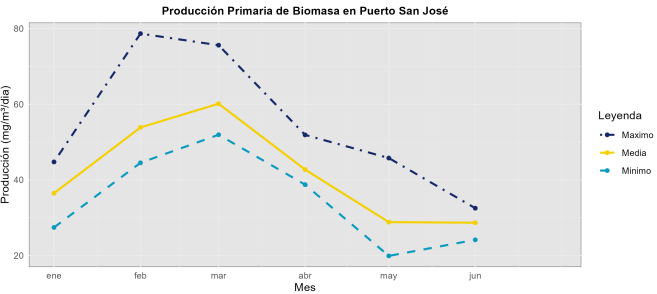


Figura 6.63: Tendencia de la Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Puerto San José según los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.65: Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Monterrico según los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	36.48	27.43	02	44.75	31
Febrero	53.87	44.52	12	78.67	26
Marzo	60.14	51.94	31	75.61	01
Abril	42.73	38.75	07	51.90	01
Mayo	28.84	19.91	22	45.78	04
Junio	28.68	24.16	05	32.52	29

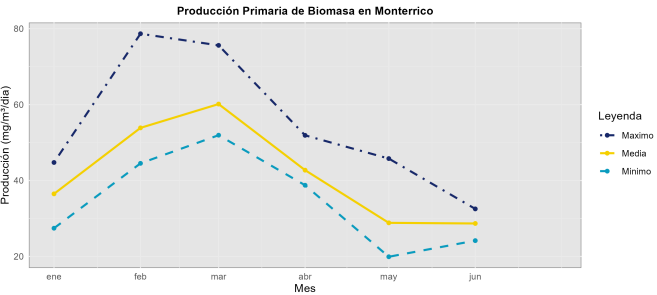


Figura 6.64: Tendencia de la Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Monterrico según los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.66: Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Las Lisas según los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	39.47	29.39	01	69.54	29
Febrero	59.72	40.89	16	111.41	24
Marzo	48.67	36.69	13	70.64	01
Abril	38.08	30.77	20	49.75	01
Mayo	21.75	15.55	30	37.67	01
Junio	19.48	14.66	07	22.21	15

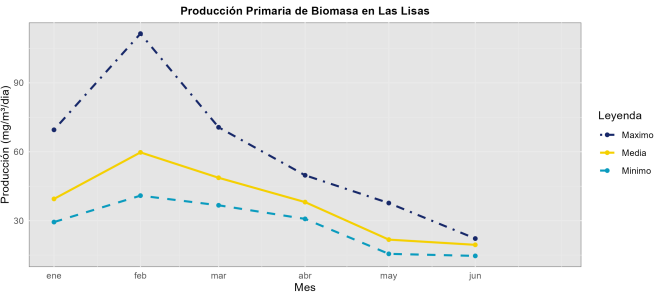


Figura 6.65: Tendencia de la Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Las Lisas según los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.67: Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Bahía de Amatique según los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	4.48	3.73	02	5.79	29
Febrero	5.01	4.47	27	5.48	04
Marzo	4.10	3.77	30	4.44	01
Abril	3.56	3.37	30	3.89	02
Mayo	3.27	3.11	31	3.40	04
Junio	2.95	2.75	15	3.15	03

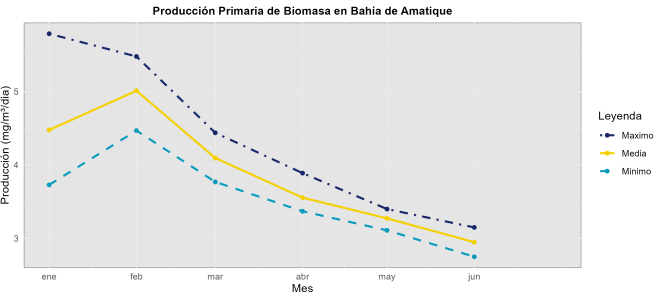


Figura 6.66: Tendencia de la Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Bahía de Amatique según los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.68: Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Punta de Manabique según los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	4.38	3.40	05	5.55	24
Febrero	5.30	4.67	23	5.79	17
Marzo	4.58	3.77	28	5.30	13
Abril	3.76	3.11	28	4.52	07
Mayo	3.32	3.01	20	3.62	02
Junio	2.95	2.72	14	3.25	09

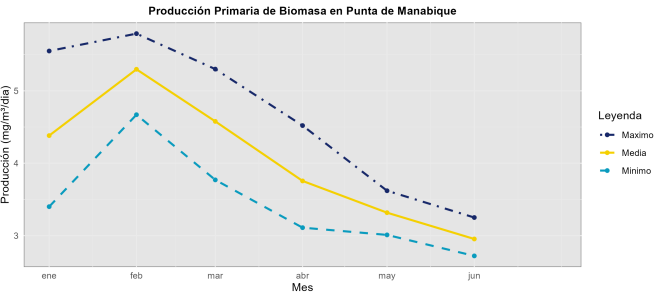


Figura 6.67: Tendencia de la Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en Punta de Manabique según los datos del Servicio Marino Copernicus.

Cuadro 6.69: Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en El Quetzalito según los datos del Servicio Marino Copernicus.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	4.57	3.34	19	6.41	23
Febrero	5.49	4.99	22	6.09	27
Marzo	4.43	3.75	26	5.92	01
Abril	3.65	3.28	29	4.21	06
Mayo	3.27	3.03	29	3.57	04
Junio	2.88	2.59	18	3.25	30

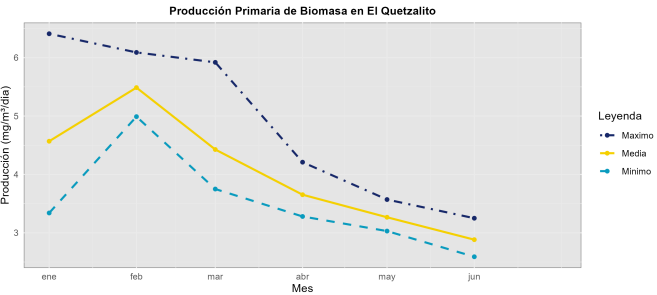


Figura 6.68: Tendencia de la Producción Primaria Neta (mg C m⁻³ día⁻¹) en El Quetzalito según los datos del Servicio Marino Copernicus.

6.8 Concentración de clorofila- α

Aspectos generales

La clorofila- α es un pigmento fotosintético que se encuentra dentro de las algas microscópicas, y su función consiste en captar la energía lumínica que posteriormente será transformada en energía química (Walsham et al. 2022). El monitoreo de las concentraciones de clorofila-a en el mar, a través de sensores remotos, se utiliza para tener un indicador de la biomasa de fitoplancton. A los incrementos abruptos en las poblaciones de microalgas en un período de tiempo corto se les conoce como florecimientos algales, los cuales ocurren de forma natural en los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, existen algunos grupos de microalgas que además de generar oxígeno, producen metabolitos secundarios (Amandine y Amzil 2018) que de ser consumidos por los humanos pueden causar intoxicaciones. Estos grupos de microalgas provocan florecimientos algales nocivos (FAN), que representan un riesgo para la salud del ser humano, así como de los ecosistemas (RE-MARCO s.f.). En los últimos años, alrededor de las aguas costeras se ha notado un aumento en la frecuencia de estos eventos (Nascimento et al. 2016), por lo que es de gran relevancia el monitoreo de esta variable oceanográfica.

Registros

A continuación, se muestran los datos estadísticos de los registros de concentración de clorofila- α (mg/m^3) del Mar para los 11 puntos de interés, provenientes del análisis global de los sensores satelitales Ocean Color, utilizando el método de función ortogonal empírica de interpolación de datos (DI-NEOF) (Liu y Wang 2018). Los datos que se incluyen en estos tres productos provienen actualmente de 3 instrumentos: el sensor Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) a bordo del satélite Suomi National Polar-orbiting Partnership (SNPP), VIIRS a bordo del satélite NOAA-20, más el instrumento Ocean and Land Colour Instrument (OLCI) en el satélite Sentinel 3A del programa Copernicus de la Unión Europea. En las siguientes tablas se muestran las medias mensuales (MEDIA), el valor mínimo por mes (MÍNIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÍNIMO) y el valor máximo por mes (MÁXIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÁXIMO).

Cuadro 6.70: Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Ocós según los datos del programa Ocean Color, NOAA.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	5.79	4.26	05	7.70	13
Febrero	6.19	3.21	11	12.16	26
Marzo	8.17	4.66	30	14.52	04
Abril	5.27	3.33	06	9.16	29
Mayo	8.04	3.66	18	18.85	03
Junio	8.01	4.35	31	12.20	16

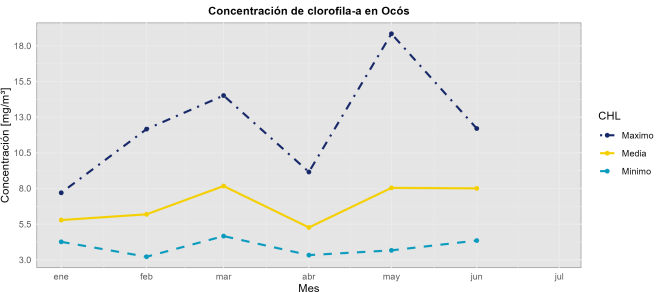


Figura 6.69: Tendencia de la Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Ocós utilizando los datos del programa Ocean Color, NOAA.

Cuadro 6.71: Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Champerico según los datos del programa Ocean Color, NOAA.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	3.61	2.30	21	5.73	13
Febrero	3.69	1.96	11	8.38	26
Marzo	4.05	1.46	31	9.27	12
Abril	2.15	1.36	22	3.52	29
Mayo	2.21	1.40	13	3.07	02
Junio	3.67	1.99	31	5.79	10

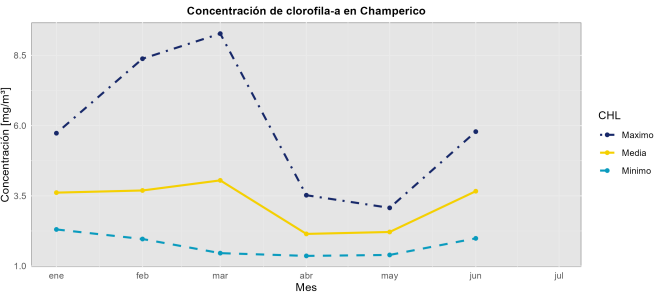


Figura 6.70: Tendencia de la Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Champerico utilizando los datos del programa Ocean Color, NOAA.

Cuadro 6.72: Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Tahuexco según los datos del programa Ocean Color, NOAA.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	3.74	2.34	04	5.44	13
Febrero	3.23	1.99	07	6.07	26
Marzo	2.88	1.17	30	5.06	09
Abril	1.54	0.71	21	3.89	29
Mayo	2.45	1.45	24	3.90	08
Junio	2.32	1.78	26	3.12	14

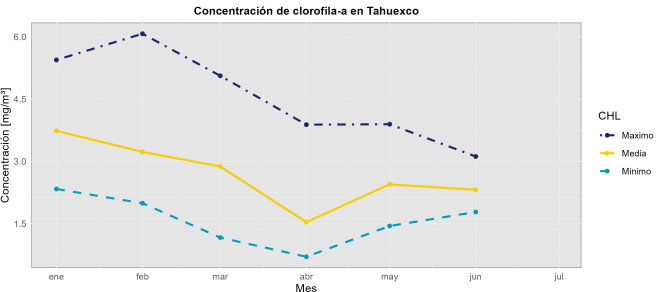


Figura 6.71: Tendencia de la Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Tahuexco utilizando los datos del programa Ocean Color, NOAA.

Cuadro 6.73: Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Tecojate según los datos del programa Ocean Color, NOAA.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	7.23	4.50	05	9.39	13
Febrero	7.69	6.12	07	10.20	20
Marzo	4.93	2.33	31	7.61	09
Abril	3.15	1.47	22	7.15	29
Mayo	4.58	1.90	19	8.74	07
Junio	7.47	4.03	31	14.26	07

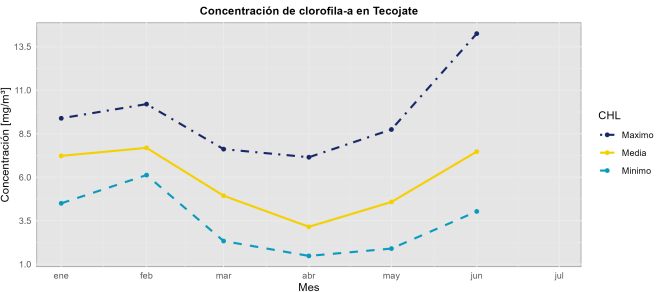


Figura 6.72: Tendencia de la Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Tecojate utilizando los datos del programa Ocean Color, NOAA.

Cuadro 6.74: Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Sipacate según los datos del programa Ocean Color, NOAA.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	2.47	0.92	05	6.29	31
Febrero	3.51	2.14	07	4.88	02
Marzo	1.76	0.54	30	4.97	02
Abril	1.38	0.42	21	4.66	29
Mayo	1.05	0.44	15	2.91	02
Junio	1.38	0.53	16	2.53	28

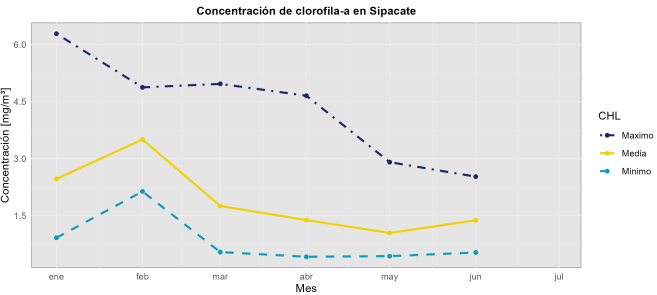


Figura 6.73: Tendencia de la Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Sipacate utilizando los datos del programa Ocean Color, NOAA.

Cuadro 6.75: Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Puerto San José según los datos del programa Ocean Color, NOAA.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	1.44	0.72	05	3.20	30
Febrero	2.28	1.35	29	3.35	20
Marzo	0.99	0.62	23	1.62	09
Abril	0.96	0.52	30	1.52	14
Mayo	0.70	0.44	12	1.11	18
Junio	1.56	0.35	15	4.69	21

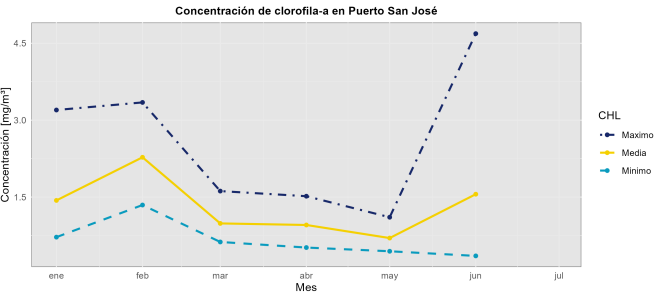


Figura 6.74: Tendencia de la Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Puerto San José utilizando los datos del programa Ocean Color, NOAA.

Cuadro 6.76: Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Monterrico según los datos del programa Ocean Color, NOAA.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	1.91	0.94	05	3.81	28
Febrero	1.73	1.18	08	2.45	20
Marzo	1.05	0.70	23	1.43	02
Abril	1.06	0.45	29	1.93	18
Mayo	1.06	0.42	02	2.01	22
Junio	1.64	0.87	06	2.26	17

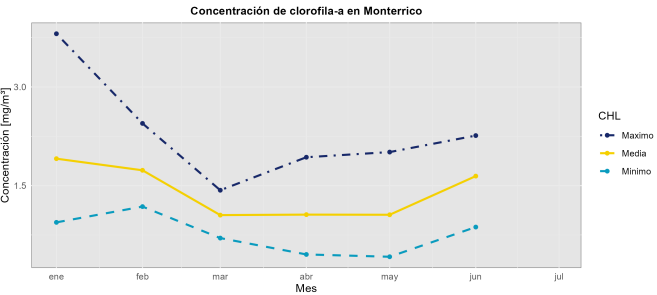


Figura 6.75: Tendencia de la Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Monterrico utilizando los datos del programa Ocean Color, NOAA.

Cuadro 6.77: Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Las Lisas según los datos del programa Ocean Color, NOAA.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	2.26	1.57	05	3.39	10
Febrero	2.06	1.24	23	3.46	09
Marzo	1.20	0.54	14	2.34	23
Abril	0.92	0.49	27	1.65	15
Mayo	1.03	0.62	24	1.64	09
Junio	2.50	0.25	13	10.64	21

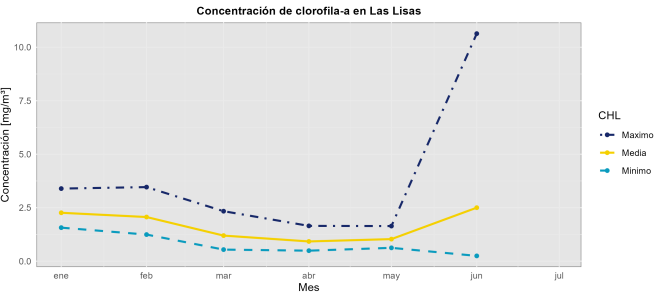


Figura 6.76: Tendencia de la Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Las Lisas utilizando los datos del programa Ocean Color, NOAA.

Cuadro 6.78: Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Bahía de Amatique según los datos del programa Ocean Color, NOAA.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	9.22	4.66	20	13.85	28
Febrero	3.93	2.33	11	6.82	02
Marzo	4.53	2.61	11	14.30	01
Abril	5.55	3.27	16	11.30	03
Mayo	3.21	1.63	31	4.91	07
Junio	5.97	2.75	02	9.25	13

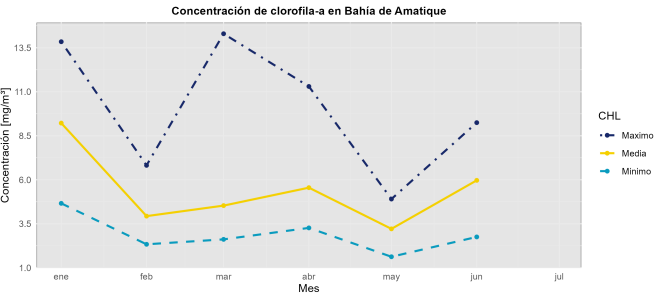


Figura 6.77: Tendencia de la Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Bahía de Amatique utilizando los datos del programa Ocean Color, NOAA.

Cuadro 6.80: Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en El Quetzalito según los datos del programa Ocean Color, NOAA.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	2.16	1.09	31	3.37	02
Febrero	1.39	0.90	26	3.16	09
Marzo	0.79	0.47	14	1.37	02
Abril	0.86	0.69	30	1.15	18
Mayo	0.54	0.39	19	0.76	01
Junio	1.43	0.82	02	2.08	18

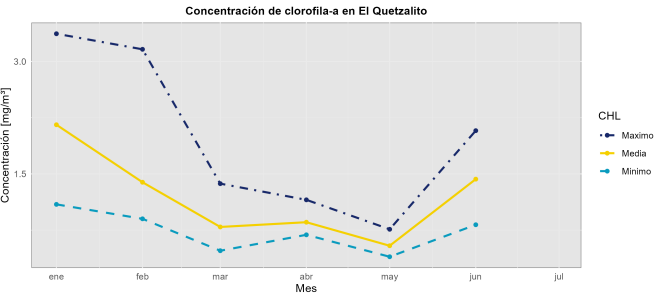


Figura 6.79: Tendencia de la Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en El Quetzalito utilizando los datos del programa Ocean Color, NOAA.

Cuadro 6.79: Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Punta de Manabique según los datos del programa Ocean Color, NOAA.

MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	2.00	0.76	31	3.79	07
Febrero	0.72	0.31	19	1.52	08
Marzo	0.58	0.34	27	0.90	14
Abril	0.52	0.40	21	0.83	09
Mayo	0.42	0.37	14	0.48	23
Junio	0.72	0.38	08	1.08	18

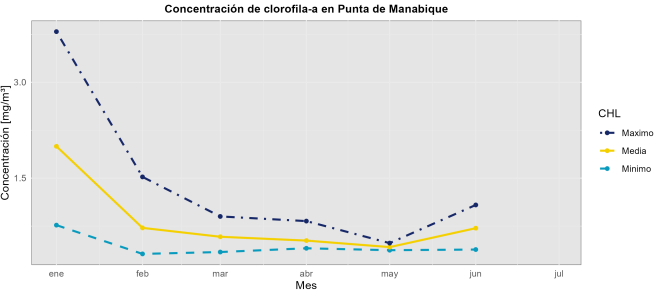


Figura 6.78: Tendencia de la Concentración de clorofila- α (mg/m^3) en Punta de Manabique utilizando los datos del programa Ocean Color, NOAA.

Referencias

- Amandine, Caruana y Zouher Amzil (ene. de 2018). "Microalgae and Toxins". En: págs. 263-305. ISBN: 9780128114056. DOI: 10.1016/B978-0-12-811405-6.00013-X.
- Arjona, Francisco J. et al. (2007). "Osmoregulatory response of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) to changes in environmental salinity". En: *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 148.2, págs. 413-421. ISSN: 1095-6433. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2007.05.026>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1095643307010495>.
- Bear, Mark, Barry Connors y Michael A Paradiso (2025). *Neuroscience: Exploring the brain*. Jones & Bartlett Learning.
- Cessi, Paola (s.f.). *Lecture 4: Thermohaline Circulation Variability*. Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI). URL: <https://www.whoi.edu/fileserver.do?id=21418&pt=10&p=17292>.
- COP25, Comité Científico (2019). "Océano y cambio climático: 50 preguntas y respuestas". En: *Santiago de Chile*.
- E.U. Copernicus Marine Service Information (CMEMS) (2026). *Global Ocean Biogeochemistry Analysis and Forecast*. Copernicus Marine Service. Product ID: GLOBAL_ANALYSISFORECAST_BGC_001_028. Accessed: 17 July 2026. DOI: 10.48670/moi-00015. URL: https://data.marine.copernicus.eu/product/GLOBAL_ANALYSISFORECAST_BGC_001_028/description.
- Espenak, Fred (s.f.). *Full Moon at Perigee (Full Supermoon): 2001 to 2100*. URL: <https://astropixels.com/ephemeris/moon/fullperigee2001.html>.
- Falkowski, Paul G, Richard T Barber y Victor Smetacek (1998). "Biogeochemical controls and feedbacks on ocean primary production". En: *science* 281.5374, págs. 200-206.
- Field, Christopher B et al. (1998). "Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components". En: *science* 281.5374, págs. 237-240.
- Garrison, Tom y Robert Ellis (2016). *Oceanography: an invitation to marine science*.
- Hengl, Tomislav (2006). "Finding the right pixel size". En: *Computers & Geosciences* 32.9, págs. 1283-1298. ISSN: 0098-3004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2005.11.008>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098300405002657>.
- Iglesias, I et al. (2010). "La temperatura superficial del mar como herramienta de predicción climática". En: *Av. Cienc. Tierra* 11, págs. 95-108.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (1986). *Conceptos básicos de geografía física*. México: INEGI.
- IOC (s.f.). *Sea Level Station Monitorin Facility*. Intergovernmental Oceanographic Commision. URL: <https://www.ioc-sealevelmonitoring.org/>.
- Karttunen, Hannu et al. (2017). *Fundamental Astronomy*. DOI: 10.1007/978-3-662-53045-0.
- Keeton, Charles (2014). *Principles of Astrophysics*. DOI: 10.1007/978-1-4614-9236-8.
- Liu, Xiaoming y Menghua Wang (2018). "Gap filling of missing data for VIIRS global ocean color products using the DINEOF method". En: *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 56.8, págs. 4464-4476.
- NASA (s.f.). *NASA Salinity: Sea Surface Salinity From Space*. National Aeronautics and Space Administration. URL: <https://salinity.oceansciences.org/overview.htm>.
- Nascimento, Silvia M. et al. (2016). "Prorocentrum lima from the South Atlantic: Morphological, molecular and toxicological characterization". En: *Harmful Algae* 57, págs. 39-48. ISSN: 1568-9883. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hal.2016.05.006>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568988316300956>.

- NOAA (s.f.[a]). *Ocean acidification*. National Oceanic and Atmospheric Administration. URL: <http://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/ocean-acidification>.
- (s.f.[b]). *Sea Level Trends - Monthly Sea Level Anomalies*. National Oceanic and Atmospheric Administration. URL: <https://tidesandcurrents.noaa.gov/>.
- Parker, Bruce B (2007). "Tidal analysis and prediction." En:
- Perillo, Gerardo Miguel E y Maria Cintia Piccolo (2017). "Cursos de marea. El sistema circulatorio de los humedales costeros". En:
- Pugh, D., P.L. Woodworth y P. Woodworth (2014). *Sea-Level Science: Understanding Tides, Surges, Tsunamis and Mean Sea-Level Changes*. Früher erschienen u.d.T.: Pugh, David: Tides, tsunamis and mean sea-level changed. Cambridge University Press. ISBN: 9781107028197. URL: <https://books.google.com.gt/books?id=QiBGAWAAQBAJ>.
- RAE (s.f.). *Diccionario de la lengua española*. Real Academia Española. URL: <https://dle.rae.es/>.
- REMARCO (s.f.). *FLORACIONES ALGALES NOCIVAS (FAN) Y TOXINAS MARINAS*. REMARCO. URL: <https://remarco.org/floraciones-algas-nocivas-fan/>.
- Rérolle, Victoire MC et al. (2012). "Seawater-pH measurements for ocean-acidification observations". En: *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 40, págs. 146-157.
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (1992). *Glosario de marea y corrientes*. 2.ª ed. Publicación SHOA 3013. Valparaíso, Chile: SHOA.
- Stephens, Scott A et al. (2014). "High-water alerts from coinciding high astronomical tide and high mean sea level anomaly in the Pacific Islands region". En: *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 31.12, págs. 2829-2843.
- Sverdrup, Keith A y Raphael Kudela (2020). "Investigating oceanography". En: (*No Title*).
- Talley, Lynne D. et al. (2011). "Chapter 1 - Introduction to Descriptive Physical Oceanography". En: *Descriptive Physical Oceanography (Sixth Edition)*. Sixth Edition. Boston: Academic Press, págs. 1-6. ISBN: 978-0-7506-4552-2. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-4552-2.10001-0>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780750645522100010>.
- Theuerkauf, Ethan J et al. (2014). "Sea level anomalies exacerbate beach erosion". En: *Geophysical Research Letters* 41.14, págs. 5139-5147.
- Universidad de Granada (s.f.). *Producción Primaria*. Universidad de Granada. Sin fecha (s.f.). Accedido: 17 julio 2026. URL: <https://www.ugr.es/~fmunoz/html/cadenatrof.htm>.
- USGS (5 de jun. de 2018). *Dissolved Oxygen and Water*. U.S. Geological Survey. URL: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/dissolved-oxygen-and-water>.
- Walsham, Pamela et al. (nov. de 2022). "Determination of chlorophyll in seawater". En: DOI: 10.17895/ices.pub.20207798.v1. URL: https://ices-library.figshare.com/articles/report/Determination_of_chlorophyll_in_seawater/20207798.
- WMO (1992). *Vocabulario Meteorológico Internacional*. World Meteorological Organization. URL: <https://library.wmo.int/records/item/35809-international-meteorological-vocabulary>.
- Yu, Jing et al. (2007). "Changes of water temperature and harmful algal bloom in the Daya Bay in the northern South China Sea". En: *Marine Science Bulletin* 9.2, págs. 25-33.